

Dr.-Ing. Markus Plannerer

Beratender Ingenieur BAYLK

Von der Industrie - und Handelskammer
für München und Oberbayern öffentlich
bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Betonschäden, Betoninstandsetzung,
Betontechnologie, mineralische Baustoffe

Dr.-Ing. Karl Schmidt

Von der Industrie - und Handelskammer
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Betontechnologie,
Betonschäden und Betoninstandsetzung

ABSCHLUSSBERICHT

Begutachtung Instandsetzung Kombibecken Ost

Auftraggeber: Markt Markt Indersdorf

Objekt: Instandsetzung Klärwerk Markt Indersdorf

Anlass: Mängel an der Spritzmörtelauskleidung

Auftrag: 2.6.2015

Gutachten-Nr.: 150506

Datum: 22.12.2015



Anschrift:
Gumstraße 8b
D-82152 Planegg

Fon 089 / 8 11 21 80
Fax 089 / 8 11 23 34
post@ib-plannerer.de
www.ib-plannerer.de

Partner:
Dr. Markus Plannerer
Dr. Karl Schmidt
Partnerschaftsregister:
PR 1223

Die Stellungnahme umfasst 20 Textseiten und 29 Anlagen

 Fertigung von 2

Steuer-Nr.:
146/234/90719

Bankverbindung:
Kreissparkasse M-S-E
BLZ 702 501 50
Kto. 273 704 44
IBAN DE43 7025 0150 0027 3704 44
BIC BYLADEM1KMS

1 Auftrag und Anlass

Der Markt Markt Indersdorf beauftragte mich die Schäden an der im Frühjahr 2015 hergestellten Spritzmörtelschale im Hinblick auf die Schadensursachen zu begutachten.

Wenige Tage nach der Fertigstellung bildeten sich in der Spritzmörtelschale unregelmäßig verteilt erste Hohllagen, die dann in den darauffolgenden Wochen so stark zunahmen, dass eine komplette Erneuerung der Schale erforderlich wurde.

In diesem Abschlussbericht werden alle im Zuge der Schadensbegutachtung gewonnenen Feststellungen und Erkenntnisse nochmals abschließend zusammengefasst.

2 Unterlagen und Literatur

Für diese Stellungnahme standen mir folgende Unterlagen zur Verfügung:

- /1/ Ausschreibungsunterlagen Los 1 Bautechnik, Dr. Blasy Dr. Øverland GmbH & Co. KG
- /2/ Gutachten Dr. Linse und Partner vom 30.5.2014
- /3/ Ausführungsplan Nr. 4.4 - Detail Betonsanierung
- /4/ Bautagesberichte BMF von Okt-Nov 2014 und März-Juni 2015
- /5/ Anzeige Baumaßnahme bei Fremdüberwachung v. 23.9.2014
- /6/ Produktdatenblatt Sika MonoTop AW mit Leistungserklärung EN 1504-3
- /7/ Produktdatenblatt Sika NB 100
- /8/ Prüfprotokolle BMF Abreißfestigkeiten auf Altbeton, 31.3-31.5.15
- /9/ Prüfprotokolle B&Ø Abreißfestigkeit vom 9.6.-12.6.15 auf Spritzmörteloberfläche Becken Ost und West
- /10/ Bericht IBQ vom 11.6.15 zur Bohrkernentnahme in Rissen Becken West
- /11/ Bericht IBQ vom 11.6.15 zum Chlorid- und Sulfatgehalt des Altbetons
- /12/ Bericht IBQ vom 24.6.15 zur Bestimmung der Druckfestigkeit des Spritzmörtels
- /13/ Bericht IBQ vom 16.6.15 zur Bestimmung der Haftzugfestigkeit des Spritzmörtels auf den Wänden des Belebungsbeckens
- /14/ Fotodokumentation aus der Bauzeit vom 21.4.-19.5.2015
- /15/ Fotodokumentation Hohllagen und Schadstellen Becken Ost

- /16/ Fotodokumentation Probefläche vom 22.7.15 mit Haftzugprüfungen zu unterschiedlichen Prüfzeitpunkten und Stellungnahme Plannerer + Partner (P+P) vom 2.9.15
- /17/ Fotodokumentation Untergrund nach Abschlagen der Schale
- /18/ MPA TUM, Abteilung CBM, Prüfbericht Vickershärte des Spritzmörtels
- /19/ MPA Leipzig, Prüfbericht 17968/15 Trockenmörteluntersuchung auf C₃A-Gehalt
- /20/ Kiwa Berlin, Prüfbericht 15/10426/01 Untersuchung an Bohrkernproben
- /21/ MPA TUM, Abteilung CBM, Prüfbericht 10-15-0100 Dünnschliffe Betonproben
- /22/ MPA TUM, Abteilung CBM, Bericht 20-15-0048, XRD-Analyse Bohrkern SO₃-Gehaltbestimmung Bohrmehlproben und C₃A-Gehaltbestimmung Werk trockenmörtel
- /23/ Labor für Baustofftechnologie, Hochschule Augsburg, Bericht 150921 Sulfatgehaltbestimmung Bohrmehlproben Altbeton
- /24/ Stellungnahme P+P vom 17.9.15 zu den Verfärbungen des Bestandsbetons an der Beckenkrone oberhalb des Abwasserspiegels
- /25/ Betondeckungsmessungen vor und nach dem zusätzlichen Betonabtrag
- /26/ Gutachten Dr. Plannerer vom 2.7.15
- /27/ Protokoll P+P vom 22.7.15. zur Herstellung der Probefläche
- /28/ Stellungnahme P+P zu den Bedenken der Fa. Wöhrl vom 22.7.15
- /29/ Sachstandsmitteilung P+P zur Schadensursache vom 30.8.15

Die aufgeführten Unterlagen sind dem Gutachten als Anhang beigelegt.

Literatur

- /L1/ Richtlinie für Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen (RL-SIB), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 2001
- /L2/ DIN 14487 Spritzbeton Teil 1 und Teil 2, 2007
- /L3/ Leitfaden Düsenführer, 2007
- /L4/ SIVV-Handbuch, 2002

3 Ortstermine

Im Zuge der Begutachtung führte ich mehrere Ortstermine im Kombibecken Ost zu folgenden Bautenständen durch:

- Kurz nach Fertigstellung der Spritzmörtelschale zu Beginn der Rissbildung in den Wänden,
- Entstehung erster Hohllagen und Teilsanierung durch BMF
- Oberflächenzug- und Haftzugprüfungen der Spritzmörtelschale
- Entnahme von Prüfkernen für Druckfestigkeitsprüfung des Spritzmörtels, der Mikrohärtebestimmung und zur Herstellung und mikroskopischen Untersuchung an Dünnschliffen
- Herstellen einer Probestfläche mit unterschiedlich tiefem HDWS-Betonabtrag mit Haftzugprüfungen auf der Probestfläche
- Entnahme von Bohrmehlproben aus Bestandsbeton zur Bestimmung des Sulfatgehaltes
- Entnahme von Rückstellproben des Trockenmörtels zur Überprüfung des C3A-Gehaltes
- Nach vollständigem Abtrag der Spritzmörtelschale
- Dokumentation der erhaltenen Restflächen und Materialentnahmen (Bohrkerne, Bohrmehlproben) zu Beweissicherungszwecken (erfolgte in Vertretung des Unterzeichners durch Herrn Schubert, Plannerer+Partner)

4 Beteiligte

Bauherr:	Markt Markt Indersdorf
Zustandsuntersuchung:	Dr. Linse Ingenieure
Planung:	Dr. Blasy Dr. Øverland
Objektüberwachung:	Dr. Blasy Dr. Øverland
Hauptauftragnehmer:	Wöhrl Spezialtiefbau GmbH
Betoninstandsetzung: (Nachunternehmer)	BMF Bauwerkserhaltung GmbH

5 Beschreibung des Schadensbildes

- Nur wenige Tage nach der Fertigstellung der Spritzmörtelschale sind erste kleinere Hohllagen entstanden, in denen sich auch Netzzrisse bildeten /15/.
- Die Hohllagen wurden lokalisiert und aufgeschlagen, dabei wurden 2 Arten von Hohllagen festgestellt /15, 26/:



Foto 1: Hohllage in der Verbundfuge zu Bestandsbeton - Schadensbild 1

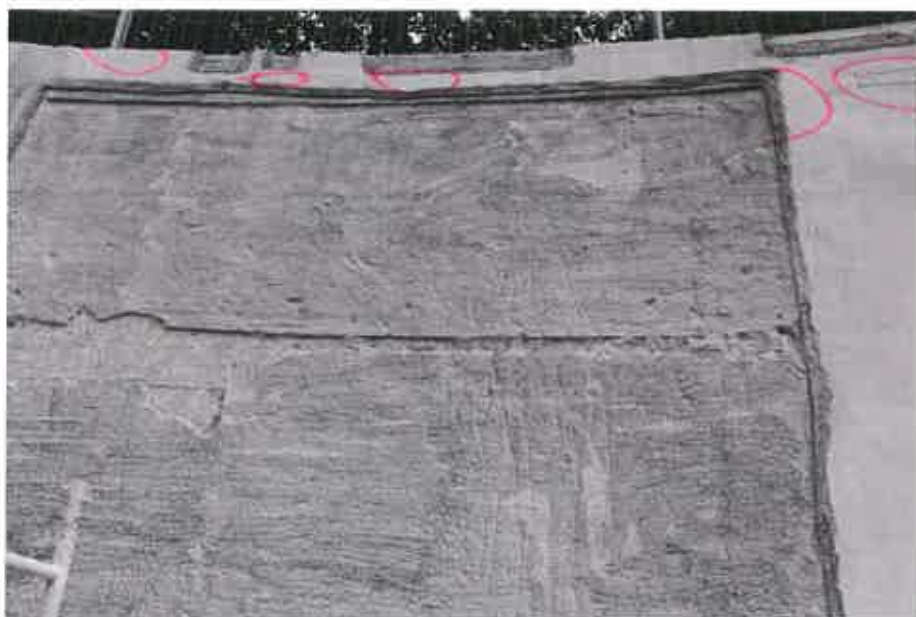


Foto 2: Hohllage in der Verbundfuge 2. zu 1. Spritzmörtellage - Schadensbild 2



Foto 3: Kombination Typ 1 und Typ 2

- Eine Systematik der Hohllagenbildung war zunächst nicht feststellbar. Die Hohllagen bildeten sich sowohl auf der Außenwand als auch auf der Innenwand auf der gesamten Wandhöhe /15/. Sie traten unabhängig vom Bauteil (Innen-, Außenwand) und unabhängig von der Lage im Bauteil (unter, über dem Abwasserspiegel) auf.
- Die 1. Spritzmörtellage zeigt bei Hohllagen des Typ 2 eine ausgeprägte Rissbildung /15, 26/, s. Foto 4.



Foto 4: Rissbildung in der 1. Spritzlage bei Hohllage der 2. Spritzlage

- Die Hohllagen haben sich ausgehend von den Rändern im Laufe der Zeit reiverschlussartig vergrößert /15, 17/.
- Bei den Hohllagen haben sich keine bruchrauen Kontaktflächen zwischen Untergrund und Spritzmörtel ausgebildet. Es hat sich folglich zu keinem Zeitpunkt ein belastbarer Verbund in der Verbundfuge eingestellt /15, 26/.



Foto 5: Hohllage ohne Bruchflächigkeit auf Altbeton

- In Teilflächen zwischen den Hohllagen hat sich zwischen Mörtel und Beton ein kraftschlüssiger Verbund ausgebildet. Dies ist anhand des Bruch-/Stemmbildes nach Abbruch der Spritzmörtelschale erkennbar /17/.

Die Haftzugprüfungen /13/ in den nicht hohlliegenden Bereichen haben allerdings gezeigt, dass die Spritzmörtelschale auch dort keine ausreichende Haftung auf dem Untergrund aufweist und die Anforderungen an den Verbund gemäß RL-SIB nicht erfüllt werden. Die vom Produkthersteller SIKA für MonoTop AW mit $2,0 \text{ N/mm}^2$ angegebene Haftzugfestigkeit /6/ wurde bei allen Prüfungen bei Weitem unterschritten.

Die Hohllagen und Verbundmängel treten auf der gesamten Oberfläche, unabhängig von der Lage im Bauteil (unter oder über dem Abwasser) in unterschiedlicher Ausprägung auf /17/.

An dem Bruchbild ist erkennbar, dass die Übergänge der Bereiche mit und ohne Verbund geradlinig entlang der horizontal eingespritzten Holzleisten oder auch vertikal entlang der Arbeitsabschnitte verlaufen, s. Foto 6.



Foto 6: Übergang Bereich ohne (links) und mit Verbund (rechts)

Diese Übergänge können den Arbeitsabläufen bei der Applikation des Spritzmörtels zugeordnet werden, so dass sich zumindest in Teilflächen eine gewisse Systematik und Abhängigkeit mit dem Bauablauf ablesen lässt. Der Spritzmörtelauftrag erfolgte ausweislich der vorliegenden Baudokumentation /14/ horizontal zwischen den Höhenlehren entweder von oben nach unten oder von unten nach oben, s. Foto 7.



Foto 7: Spritzmörtelapplikation, gerüstlagenweise von oben nach unten.

Der Spritzmörtel wurde entgegen der Verarbeitungsvorschrift /6/ auf einen vorgewässerten Beton aufgetragen, s. Foto 7. Mit dem Wässern des Altbetons hätte bereits am Vortag begonnen werden müssen, damit dieser zum Zeitpunkt des Spritzauftrages kapillar durchfeuchtet ist.



Foto 8: Spritzmörtelapplikation, gerüstlagenweise von unten nach oben

6 Feststellungen zur Schadensursache

Zur Schadensursachenermittlung wurden seitens des Bauherren und der ausführenden Firma diverse Untersuchungen am Bauwerk und an daraus entnommenen Probekörpern veranlasst.

Diese Untersuchungen lieferten stichpunktartig zusammengefasst folgende Ergebnisse und Erkenntnisse.

6.1 Materialprüfungen am Bauwerk

1. Die Mörtelschale erreicht weder die vom Produkthersteller angegebene noch die gemäß RL-SIB einzuhaltende Haftzugfestigkeit auf dem Untergrund. Dabei ist nicht nur der Haftverbund zum Bestandsbeton (Adhäsion), sondern auch die Zugfestigkeit des Spritzmörtels (Kohäsion) z.T. außergewöhnlich gering /13/.

2. Zur Beurteilung der Verfärbungen auf der Oberfläche des Bestandsbetons im Hinblick auf deren Auswirkungen auf den Verbund wurde unter Mitwirkung aller Beteiligten eine Probefläche hergestellt /16/.

Die Untersuchungen an der nachträglich erstellten Probefläche haben gezeigt, dass eine größere Abtragstiefe zur Entfernung der Verfärbungen keinen Einfluss auf die Haftzugfestigkeit des Spritzmörtels hatte /16/. Die Haftzugfestigkeit konnte durch einen zusätzlichen Abtrag nicht gesteigert werden.

Die Haftung (Adhäsion) auf dem verfärbten Bestandsbeton war i.d.R. größer als die Festigkeit (Kohäsion) des Spritzmörtels selbst.

Zusammenfassend konnte durch die Untersuchungen auf der Probefläche gezeigt werden, dass trotz gelblicher Verfärbungen des Bestandsbetons die erforderliche Haftung des Spritzmörtels herstellbar ist.

3. Das schwächste Glied ist nicht der Verbund zum Altbeton, sondern das Spritzmörtelgefüge selbst. Die Kohäsion des Spritzmörtels ist geringer als die Adhäsion (Haftung) auf dem Untergrund /16/.

4. Die oberflächlichen Verfärbungen des Bestandsbetons treten auch an der Beckenkrone, also außerhalb der Klärwasserbeaufschlagung bzw. ohne Sulfateinwirkung auf. Es konnte gezeigt werden, dass der Farbumschlag sich mit der Carbonatisierungstiefe des hüttensandhaltigen Bestandsbetons im Wesentlichen deckt /24/.

Die Verfärbung des Bestandsbetons allein ist somit noch kein Indiz für eine Betonschädigung. Dies zeigen die hohen Abreißfestigkeiten auf dem Beton /8/ und die hohen Haftzugfestigkeiten bei der Probefläche /16/.

6.2 Materialprüfungen an Probekörpern

1. Die Druckfestigkeit des Spritzmörtels ist nach den Untersuchungen von IBQ /12/ signifikant geringer als vom Produkthersteller in der Leistungserklärung /6/ angegeben.

Die rd. 50 % (!) geringeren Druckfestigkeiten des Mörtels sind nicht allein durch unterschiedliche Erhärtungsbedingungen am Bauwerk, Probekörpereinflüsse etc. zu erklären.

Da nicht nur bei der Druckfestigkeit, sondern auch bei der Haftzugfestigkeit des Spritzmörtels signifikante Festigkeitsdefizite am Bauwerk festgestellt wurden, sind Produkt- und/oder Verarbeitungsfehler als wesentliche Ursache in Betracht zu ziehen.

2. Zu den Oberflächen (beton- und luftseitig) der Mörtelschicht wurde ein signifikanter Abfall der Mikro- bzw. Vickershärte festgestellt /18/. Dieser Abfall ist durch eine unvollständige Hydratation des Spritzmörtels an der Oberfläche verursacht, wie sie bei einer unzureichenden Nachbehandlung auftritt. Infolge dessen verringert sich die Festigkeit und Güte des Mörtels an der Oberfläche. Der Festigkeitsverlust an der Oberfläche ist etwa proportional zum Rückgang der Mikro- bzw. Vickershärte und kann Auswirkungen auf den Haftverbund haben.
3. Der Trockenspritzmörtel MonoTop AW enthält lt. Produktdatenblatt sowie nach den Untersuchungen des MPA Leipzig und der TUM kein Tricalciumaluminat, er ist damit als C_3A -frei und damit als hoch sulfatbeständig (Klasse SR0 nach DIN EN 197-1) einzustufen /19, 22/.

Da das für eine schädigende Ettringitbildung benötigte C_3A fehlt, kann eine

Schädigung des Spritzmörtels durch Ettringitbildung selbst bei sehr hohen Sulfatgehalten ausgeschlossen werden.

4. Der Sulfatgehalt SO_3 des Bestandsbetons wurde in der Verbundfuge zum Spritzmörtel mit rd. 0,55 M.-% /11/ bzw. rd. 0,75 M.-% /22/ bzw. rd. 0,79 M.-% /20/ ermittelt. Der Sulfatgehalt ist nur mäßig erhöht und liegt max. 0,35 M.-% über dem Eigensulfatgehalt des hüttensandhaltigen Betons, welcher mit etwa 0,45 M.-% anzusetzen ist.
5. Aus Bohrkernen, die aus der Mörtelschicht mit und ohne Hohllagen entnommen wurden, wurden Dünnschliffe hergestellt, um daran mikroskopisch das Gefüge hinsichtlich verbundschädigender Reaktionsprodukte im Verbundbereich zu untersuchen. Dabei wurden keine Auffälligkeiten hinsichtlich einer treibschädigenden Reaktion des Ettringits festgestellt /21/.
In den Dünnschliffen waren nur normale, unauffällige Ettringitaufwachsungen in Luftporen des Bestandsbetons nachzuweisen, eine davon ausgehende Gefügeschädigung des Betons bzw. Mörtels wurde nicht detektiert.
6. Die farblich veränderte, alterierte Betonoberfläche weist eine gegenüber dem Spritzmörtel signifikant höhere Mikrohärtigkeit auf /18/. Diese Feststellung deckt sich mit den auf dieser Oberfläche ermittelten hohen Abreißfestigkeiten /8/. Die im Kiwa-Bericht /20/ zu der verfärbten Schicht enthaltenen Feststellung sind mangels qualifizierter Untersuchungsmethodik nicht nachvollziehbar.
7. Die vom MPA der TU München und von der Kiwa Berlin mittels Röntgendiffraktometrie durchgeführten Untersuchungen /20, 22/ lieferten widersprüchliche Ergebnisse.
Bei den Untersuchungen des MPA der TU München /22/ wurde kein Ettringit auf der Bruchfläche festgestellt.
Im Labor der Kiwa /20/ wurde hingegen neben Ettringit auch noch Gips und Anhydrit gefunden. Die Anwesenheit von wasserfreiem Anhydrit in der Verbundfuge ist jedoch chemisch unmöglich und entweder auf eine fehlerhafte Interpretation der Röntgenbeugungssignale zurückzuführen oder auf eine Kontamination der Probekörperoberfläche.
Der Grund für die unplausiblen Kiwa Ergebnisse konnte abschließend nicht geklärt werden, da Kiwa die Rohdaten der Röntgenbeugung dem MPA der TU München nicht lesbar zur Verfügung stellen konnte.

Wie sich zeigt ist die Aussagekraft der Röntgendiffraktometrie aufgrund der Interpretationsmöglichkeiten bei der Auswertung mit Unsicherheiten behaftet, außerdem liefert das Verfahren letztlich keine Aussage zur Verteilung und Morphologie des Ettringits. Da Ettringit letztlich ein natürliches Reaktionsprodukt in der Zementhydratation ist und im Beton vorkommen kann und auch darf, lässt der Nachweis von Ettringit in der Röntgendiffraktometrie allein noch keine Aussage zur Schadensursache zu. Belastbare Ermittlungen zur Schadensursache sind letztlich nur durch lichtmikroskopische Untersuchungen an Dünnschliffen möglich /21/.

6.3 Ermittlungen aus den Bauunterlagen / Baudokumentation

1. Der Werk trockenmörtel Sika MonoTop AW war mit der verwendeten Spritzbetontechnologie (Nassspritzverfahren mit Dichtstromförderung) wegen Verarbeitungsschwierigkeiten nicht mit der vom Produkthersteller vorgegebenen Wassermenge spritzbar. Dies zeigte sich schon bei den Arbeiten an dem Kombibecken West im Jahr 2014. Dem Mörtel musste damals bereits 10 % mehr Wasser zudosiert werden als in der Verarbeitungsvorschrift angegeben war. Die Höherdosierung war mit dem Hersteller SIKA abgestimmt. Ein erhöhter Wassergehalt wirkt sich nicht nur auf die Frischmörteleigenschaften, sondern auch auf die Eigenschaften des erhärteten Mörtels, hier insbesondere die Festigkeit und Dauerhaftigkeit, aus /29/.

2. Bei der Herstellung der Probefläche hat sich gezeigt, dass bei sommerlichen Temperaturen ($> 25\text{ °C}$) der Spritzmörtel trotz des um 10 % erhöhten Wassergehaltes nicht fachgerecht applizierbar war /16/. Die Konsistenz des Frischmörtels war so steif, so dass es immer wieder zu Verstopfen in der Leitung der Spritzmaschine bzw. zum Festbrennen der Mischschnecke kam und letztlich die Arbeiten abgebrochen und auf den nächsten Morgen verschoben werden mussten.

Trotz der gemäßigten Temperaturen am nächsten Morgen (ca. 20 °C) war der Spritzmörtel immer noch sehr steif und nur unter Erschwernissen spritzbar. Die Verarbeitung bei der Probefläche hat gezeigt, dass der Spritzmörtel bei Temperaturen über 25 °C ohne weitere Erhöhung des Wassergehaltes nicht ordnungsgemäß verarbeitet werden kann.

Die Verarbeitungsschwierigkeiten müssen nicht ausschließlich auf die Eigenschaften des Spritzmörtels zurückzuführen sein. Auch die Fördertechnik

kann hierfür mitursächlich sein, z.B. benötigt die hier eingesetzte Förderschnecke lt. Aufdruck einen 30 % erhöhten Wasserbedarf.



Foto 9: Eingebrennte Förderschnecke mit 30 % mehr Wasserbedarf

3. Die Nachbehandlung erfolgte entgegen der Ausführungsanweisung des Produktherstellers nicht durch Feuchthalten für die Dauer von mind. 8 bis 10 Tagen, sondern durch Aufsprühen des Nachbehandlungsmittels Sika NB100 /7/. Die Ausführungsänderung wurde von BMF eigenverantwortlich entschieden.

Ausweislich der Fotodokumentation (s. Foto 10) erfolgte der Auftrag des Nachbehandlungsmittels ungleichmäßig, so dass nicht von einem vollflächigen, ausreichend dicken Nachbehandlungsfilm auf dem frischen Spritzmörtel ausgegangen werden kann.

Die Wirkungsweise des Nachbehandlungsmittels ist bei der fotodokumentierten Verarbeitung keinesfalls mit einer konventionellen Nassnachbehandlung vergleichbar. Defizite bezüglich der Festigkeit und Dauerhaftigkeit sind dann unvermeidbar.

Der Einsatz eines parafinhaltigen Nachbehandlungsmittels birgt ferner das Risiko, dass sich der Sprühnebel auf benachbarten, für den Mörtelauftrag vorbereiteten Untergründen niederschlägt und dort Haftungsstörungen zwischen Untergrund und Spritzmörtel verursacht.



Foto 10: Auftrag Nachbehandlungsmittel auf Innenwand des Belebungsbeckens

7 Zusammenfassende Stellungnahme zu den Schadensursachen

An der Spritzmörtelschale im Kombibecken Ost wurden folgende Mängel bzw. Schäden festgestellt:

1. Hohllagen der 2. Spritzmörtellage
2. Hohllagen der kompletten Spritzmörtelschale (1. und 2. Lage)
3. Ungenügende Haftzugfestigkeit des Spritzmörtels (Adhäsion- und Kohäsion)
4. Außergewöhnlich geringe Druckfestigkeit des Spritzmörtels

Die bei Baustellenterminen vor Ort (Ziff. 5) und aus Bauunterlagen (Ziff. 6.3) gewonnenen Erkenntnisse ergeben zusammen mit den Untersuchungsergebnissen am Bauwerk (Ziff. 6.1) und an Probekörpern (Ziff. 6.2) folgende Schlussfolgerungen zu den Schadensursachen.

Für die Hohllagen können die nachstehenden Ursachen ausgeschlossen werden:

- unzureichende Abreißfestigkeit des Untergrund bzw. zu geringe Abtrags-tiefe des Altbetons

Begründung:

Die Abreißfestigkeiten des Betons erfüllten bei Weitem die Anforderungen der RL-SIB /8/.

- Schädigung des Verbundes durch Ettringitbildung (Sulfatreiben)

Begründungen:

- a) Der verwendete Spritzmörtel ist C₃A-frei und damit hoch sulfatbeständig /19, 22/. Für eine schädigende Ettringitbildung fehlt somit der notwendige Reaktionspartner.
- b) An den Dünnschliffproben waren weder ungewöhnliche Ettringitformationen noch darauf zurückzuführende Gefügeschädigungen des Altbetons oder des Spritzmörtels feststellbar /21/.
- c) Die hohen Abreißfestigkeiten des Altbetons /8/ schließen eine Schädigung bzw. Entfestigung des Altbetons durch Sulfatreiben aus. Mit der Mikro- bzw. Vickershärtebestimmung /18/ waren keine Hinweise auf eine Festigkeitsstörung der verfärbten Kontaktzone festzustellen.
- d) In der Probefläche erreichte der Spritzmörtel auf verfärbten Beton mit einem Sulfatgehalt des Altbetons von rd. 0,8 M.-% die volle Haftzugfestigkeit /16/. Die Haftzugfestigkeit auf dem Altbeton war i.d.R. größer als die Festigkeit des Spritzmörtels selbst.
- e) Die Röntgendiffraktometrie /20, 22/ lieferte widersprüchliche Ergebnisse, die Ergebnisse im Kiwa-Bericht /20/ waren überdies nicht plausibel. Ohnehin ist mit diesem Analyseverfahren keine belastbare Aussage zu einer möglichen Schädigungswirkung durch Sulfatreiben möglich.

- Konstruktive Ursachen (Rissbildung)

Begründung:

Die Hohllagen treten unabhängig von der Lage im Bauwerk und unabhängig von Rissbildungen in den Beckenwänden auf.

- Rückseitige Durchfeuchtung, Temperaturwechselbeanspruchung

Begründung:

Das Grundwasser war zum Zeitpunkt der Spritzmörtelapplikation abgesenkt, so dass während der Mörtelerhärtung rückseitig kein Wasser Zutreten konnte.

Bei ordnungsgemäßigem Verbund der Spritzmörtelschale zum Untergrund können Temperaturwechselbeanspruchungen selbst bei direkter Sonneneinstrahlung keine Hohllagen auslösen.

Für die Mängel Ziff. 1 bis 4 sind die nachstehenden Ursachen maßgeblich:

Hohllage der 2. Spritzlage

Die Hohllagen bzw. der Verbundmangel befinden sich innerhalb des 30 mm dicken Spritzmörtels, Wechselwirkungen mit dem Altbeton scheiden als Ursache aus.

Die Hohllagen und Verbundmängel können nur durch Ausführungsfehler bei der Untergrundvorbereitung, der Spritzmörtelherstellung und -verarbeitung sowie der Nachbehandlung verursacht sein.

Hohllage der kompletten Spritzmörtelschicht und unzureichende Festigkeiten

Die Hohllagen sind im Zusammenhang mit den außergewöhnlich niedrigen Festigkeiten zu beurteilen. Die Hohllagen und der unzureichende Verbund sind auf mehrere Faktoren zurückzuführen, die alle die Ausführung der Spritzmörtelarbeiten betreffen:

- Die von Sika freigegebene 10 %-ige Erhöhung der Wasserzugabe reichte bei den sommerlichen Umgebungsbedingungen nicht mehr aus, um den Spritzmörtel mit der eingesetzten Anlagentechnik verarbeiten zu können, s. Ziff. 6.3. Ohne weitere Erhöhung der Wasserdosierung war der Mörtel nicht mehr verarbeitbar.

Begründung/Nachweis:

Die ungewöhnlich geringe Druckfestigkeit /12/ und Zugfestigkeit /13/ (Kohäsionsversagen bei der Haftzugprüfung) des erhärteten Spritzmörtels sind ein eindeutiger Hinweis auf eine zusätzliche Wasserdosierung. Die Festigkeit des Mörtels folgt indirekt proportional dem Wasser-/Zementverhältnis (w/z-

Wert) des Mörtels. D.h. eine geringe Festigkeit korrespondiert mit einem hohen w/z-Wert bzw. Wassergehalt des Mörtels /29/.

- Ein aufgrund der erhöhten Wasserzugabe weicher Spritzmörtel verliert zwangsläufig auch an Klebwirkung. Mörtel mit einem erhöhten Wassergehalt haftet deutlich schlechter auf dem Untergrund, es kommt zum Abrutschen und zur Rissbildung im frischen Mörtel. Bei einem zu nass eingestellten Spritzmörtel bildet sich nur ein loser Haftverbund ohne bzw. mit nur geringer Kraftschlüssigkeit zum Untergrund.

Begründung/Nachweis:

Bei den Hohllagen ist die Verbundfuge zwischen Spritzmörtel und Beton i.d.R. ohne erkennbare Bruchflächigkeit (Negativabdruck). Der Spritzmörtel konnte mit dem Bestandsbeton keine kraftschlüssige bzw. belastbare Verbindung eingehen, s. Foto 1, 5.

- Die Qualität des Verbundes hängt offensichtlich auch mit der Arbeitsabfolge beim Spritzauftrag bzw. der Tagesleistung zusammen und steht damit in kausalen Zusammenhang mit der Herstellung bzw. Verarbeitung des Spritzmörtels. Auch eine unzureichende Vorbehandlung des Betonuntergrundes durch Nässen hat negative Auswirkungen auf den Haftverbund.

Begründung/Nachweis:

Über alle Wandflächen verteilt sind bereichsweise Unterschiede in der Qualität des Haftverbundes erkennbar. Die Hohllagen bzw. Flächen mit unzureichendem Verbund grenzen bereichsweise linienartig an Flächen mit höheren Verbund an. Die geradlinigen Übergänge entsprechen offensichtlich den unterschiedlichen Arbeitsabschnitten bzw. Tagesleistungen, s. Foto 6. Das unzureichende Vornässen des Untergrundes ergibt sich aus der Bauokumentation /14/, die negativen Auswirkungen zeigen sich an der zum Altbeton abfallenden Vickershärte /18/.

- Die Qualität des Verbundes hängt von der Beschaffenheit des Spritzmörtels und nicht von der Beschaffenheit des Untergrundes ab.

Begründung/Nachweis:

Hohllagen bzw. eine unzureichende Haftung des Spritzmörtels waren nicht nur auf dem Altbeton, sondern auch auf den mit neuem Betonersatz vorreprofilierten Flächen festzustellen.

Für die Qualität des Verbundes war es dabei unerheblich, ob der Untergrund unter oder über dem Klärwasserspiegel lagen, d.h. die Höhe des Sulfatgehaltes des Untergrundes hat damit keinen Einfluss auf die Haftzugfestigkeit.

- Die Nachbehandlung mittels Nachbehandlungsmittel war nicht geeignet den Mörtel bei den sommerlichen Verhältnissen vor raschem Austrocknen zu schützen. Das rasche Austrocknen stellt zwar nicht die Primärursache der Hohllagen und des unzureichenden Verbundes dar, es hat jedoch die Entwicklung der Hohllagen begünstigt.

Begründung/Nachweis:

An entnommenen Mörtelproben wurde eine geringe Festigkeit, speziell ein signifikanter Festigkeitsabfall zur Oberfläche des Spritzmörtels hin festgestellt. Der zur Oberfläche hin stark abfallende Gradient der Mikrohärtigkeit /18/ ist durch übermäßiges Austrocknen verursacht. Neben der Festigkeitseinbuße führt das Austrocknen auch zum Schwinden des Mörtels, die dadurch hervorgerufenen Schwindspannungen begünstigen bei einem schwachen Verbund das Auftreten von Hohllagen.

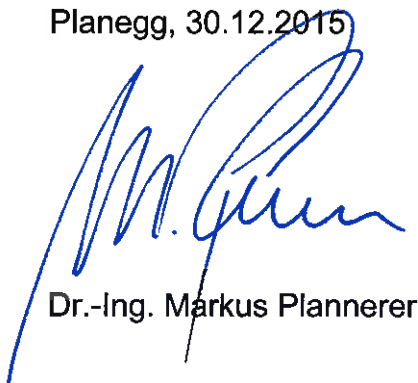
- Wegen der ungleichmäßigen Verteilung und der unterschiedlichen Ausprägung der Hohllagen und des Verbundes auf den Beckenwänden können zusätzlich zu den vorgenannten Schadensursachen auch noch andere verarbeitungstechnische Einflussfaktoren wie z.B. ein zu früher Auftrag der 2. Spritzlage (1. und 2. Lage am gleichen Tag) und/oder ein zu frühes Glätten der 2. Lage Spritzlage schadensförderlich gewesen sein.

Im Resümee ergibt sich aus den Ergebnissen, dass die Mängel bzw. Schäden an der Spritzmörtelschale nicht auf einen ungeeigneten Untergrund zurückzuführen sind.

Der Kapitalschaden ist nur durch die Kombination mehrerer Fehler bei der Ausführung zu erklären.

Die unterschiedlichen Schadensbilder und die stark streuende Qualität des Haftverbundes des Spritzmörtels sind auf eine je nach Arbeitsabschnitt bzw. Tagesleistung unterschiedliche Ausführungsqualität zurückzuführen. Der Umstand, dass die Arbeiten wegen des Termindruckes auch nachts und an Wochenenden durchgeführt wurden, ist dabei eine mögliche Erklärung für die unterschiedliche Ausführungsqualität.

Planegg, 30.12.2015



Dr.-Ing. Markus Plannerer



Anlagen

ANHANG

zum Gutachten 150506

grau hinterlegt: digital auf DVD-archiviert

<u>A1</u>	<u>Ausschreibungsunterlagen</u>
<u>A2</u>	<u>Gutachten Dr. Linse und Partner vom 30.5.2014</u>
<u>A3</u>	<u>Ausführungsplan</u>
<u>A4</u>	<u>Bautagesberichte BMF</u>
<u>A5</u>	<u>Fremdüberwachung</u>
<u>A6</u>	<u>Produktdatenblatt Sika MonoTop AW</u>
<u>A7</u>	<u>Produktdatenblatt Sika NB 100</u>
<u>A8</u>	<u>Prüfprotokolle BMF Abreißfestigkeiten Altbeton</u>
<u>A9</u>	<u>Prüfprotokolle Abreißfestigkeit auf Spritzmörtel</u>
<u>A11</u>	<u>Bericht IBQ v. 11.6.15 Chlorid-/Sulfatgehalt Altbeton</u>
<u>A12</u>	<u>Bericht IBQ v. 24.6.15 Druckfestigkeit</u>
<u>A13</u>	<u>Bericht IBQ v. 16.6.15 Haftzugfestigkeit Spritzmörtel</u>
<u>A14</u>	<u>Fotodokumentation Bauzeit</u>
<u>A15</u>	<u>Fotodokumentation Hohllagen und Schadstellen</u>
<u>A16</u>	<u>Fotodokumentation Probefläche vom 22.7.15 mit Haftzugprüfungen und Stellungnahme P+P vom 2.9.15</u>
<u>A17</u>	<u>Fotodokumentation Altbeton nach Abschlagen der Schale</u>
<u>A18</u>	<u>MPA TUM, Bericht Vickershärte</u>
<u>A19</u>	<u>MPA Leipzig, Bericht 17968/15 C3A-Gehalt Trockenmörtel</u>
<u>A20</u>	<u>Kiwa Berlin, Bericht 15/10426/01 Bohrkernproben</u>
<u>A21</u>	<u>MPA TUM, Bericht 10-15-0100 Dünnschliffuntersuchungen</u>
<u>A22</u>	<u>MPA TUM, Bericht 20-15-0048, XRD-Analyse, Sulfat-, C3A-Ge- haltsbestimmung</u>
<u>A23</u>	<u>Labor Hochschule Augsburg, Bericht 150921 Sulfatgehalt</u>
<u>A24</u>	<u>Stellungnahme P+P, 17.9.15 Verfärbungen Bestandsbeton</u>
<u>A25</u>	<u>Betondeckungsmessungen vor/nach zusätzlichem Betonabtrag</u>
<u>A26</u>	<u>Gutachten Dr. Plannerer vom 2.7.15</u>
<u>A27</u>	<u>Protokoll P+P vom 22.7.15. zur Herstellung der Probefläche</u>
<u>A28</u>	<u>Stellungnahme P+P zu Bedenken Fa. Wöhrl v. 22.7.15</u>
<u>A29</u>	<u>Sachstandsmitteilung P+P vom 30.8.15</u>



PRODUKTDATENBLATT

Sika MonoTop® AW

Instandsetzungsmörtel für Abwasseranlagen

PRODUKT-BESCHREIBUNG	Sika MonoTop AW ist ein kunststoffvergüteter, hydraulisch abbindender Instandsetzungsmörtel für Abwasserbauwerke. Sika MonoTop AW kann händisch oder im Trocken- und Nassspritzverfahren verarbeitet werden. Sika MonoTop AW ist chromatarm nach TRGS 613.
ANWENDUNGSGEBIETE	Zur Instandsetzung im Abwasserbereich. Im Innen- und Außenbereich zur Beschichtung von statisch und dynamisch beanspruchten Betonbauteilen in Schichtdicken von 10–25 mm gemäß EN 1504-3 Klasse R 4
PRODUKTMERKMALE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beständig im pH-Bereich von 3,5 bis 14 ▪ pneumatisch im Trockenspritzverfahren applizierbar ▪ Dichtstromförderung im Nassspritzverfahren ▪ für manuelle Verarbeitung geeignet ▪ C₃A freies Bindemittel ▪ hoch sulfatbeständig ▪ hohe Endfestigkeit ▪ sehr dichtes Gefüge ▪ wasserdampfdiffusionsoffen ▪ wasserundurchlässig ▪ Oberfläche glätt- oder abreibbar ▪ hohe chemische Beständigkeit im Bereich kommunaler Abwasseranlagen ▪ Einsatz in der Expositionsklasse XA1-XA3, XO, XC1-4, XF1-XF4, XM1 gemäß DIN EN 206-1 / DIN 1045-2
PRÜFUNGEN / ZULASSUNGEN	<p>Prüfung von Mörtel für die Instandsetzung von Betontragwerken nach DIN EN 1504-3.</p> <p>Untersuchungsbericht zur Prüfung der Beständigkeit eines Instandsetzungsmörtels für Abwasseranlagen bei Schwefelsäureangriff von pH 0 bis pH 1</p>
PRODUKTDATEN	
FARBTON	zementgrau
LIEFERFORM	In mehrlagigen Papiersäcken à 25 kg auf Paletten
LAGERFÄHIGKEIT	Im ungeöffneten Originalgebinde bei einer Lagertemperatur zwischen +5°C und + 20°C: ca. 6 Monate.
LAGERBEDINGUNGEN	witterungsgeschützt, kühl und trocken auf Holzrosten.

TECHNISCHE DATEN

GRANULOMETRIE	Maximaler Korndurchmesser 2,5 mm	
DICHTE (BEI 23°C)	ca. 2,2 kg/l (Rohdichte des Frischmörtels)	
SCHICHTSTÄRKE	Sika MonoTop AW wird in Schichten von 10–25 mm aufgebracht.	
FESTIGKEITEN: NACH 28 TAGEN	Druckfestigkeit	ca. 55 N/mm ²
	Biegezugfestigkeit	ca. 11 N/mm ²
	Haftzugfestigkeit	> 2,0 N/mm ²
E-MODUL: STATISCH	ca. 21.000 N/mm ²	

SYSTEMDATEN

BESCHICHTUNGS-AUFBAU / MATERIALVERBRAUCH

Abhängig von der Oberflächenstruktur des Untergrundes und der Lage des Bauteils (vertikal oder Überkopf) und von der Schichtdicke. Im Mittel ca. 21 kg/m² pro 10 mm Schichtdicke zuzüglich Rückprall. Der Rückprall muss objektbezogen eingeschätzt werden, da die Lage und Zugänglichkeit des Bauteils und besonders die Erfahrung des Düsenführers entscheidend ist.

Erfahrungswerte für den Rückprall								
Lage des Bauteils	senkrecht				über Kopf			
Schichtdicke (mm)	10 – 20		20 – 40		10 – 20		20 – 40	
Zugänglichkeit des Bauteils	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht
Rückprall in %	15–20	20–35	5–10	15–20	25–35	35–50	20–25	25–35

Definition: Beim Trockenspritzen wird der Materialanteil, der direkt beim Spritzvorgang von der Betonoberfläche abprallt, als Rückprall bezeichnet. Nicht enthalten sind die Verluste aus Einstellen des W/Z, Abziehen, Abreiben und Unebenheiten des Untergrundes. Beim Nassspritzen ist der Rückprall deutlich geringer. Die restlichen Parameter, außer dem Einstellen des W/Z Wertes liegen ebenfalls vor.

UNTERGRUND- BESCHAFFENHEIT

Das grobe Zuschlagkorn muss aus der Altbetonfläche sichtbar hervorstehen. Mindestens 24 Stunden vor dem Spritzauftrag ist der Untergrund bis zur Kapillarsättigung vorzunässen. Vor dem Spritzauftrag muss die Betonunterlage mattfeucht sein.

VORBEREITUNG DES UNTERGRUNDES

Der Untergrund muss sauber, tragfähig und griffig sein. Insbesondere müssen öl- und wachshaltige Schichten, sowie an der Oberfläche vorhandene Zementschlämme, entfernt werden. Zur Vorbereitung eignen sich abtragende Verfahren wie z. B. Druckluftstrahlen mit festen Strahlmittel oder Hochdruckwasserstrahlen. Die Haftzugfestigkeit des Untergrundes muss > 1,5 N/mm² betragen.

VERARBEITUNGS- BEDINGUNGEN

UNTERGRUNDTEMPERATUR	Min. + 5°C Max. + 30°C
----------------------	---------------------------

**UMGEBUNGSTEMPERATUR
UND MATERIAL**

Min. + 5°C
Max. + 30°C

**VERARBEITUNGS-
HINWEISE**

**VERARBEITUNGSMETHODE /
-GERÄTE**

Manuelle Verarbeitung

Sika MonoTop AW Instandsetzungsmörtel homogen und klumpenfrei mit Wasser im Verhältnis von ca. 10:1 (auf ein 25 kg Gebinde ca. 2,5 Liter Wasser) in einem sauberen Gefäß ca. 2 Minuten anmischen. Nach einer Reifezeit von ca. 5 Minuten den Mörtel nochmals aufrühren. Den Mörtel auf die mit einer Haftbrücke versehene Betonunterlage nass in nass auftragen und verdichten. Als Haftbrücke eignen sich Sika Kanal-Haftbrücke und SikaTop TW. Bei flächiger Anwendung in der Vertikalen den Mörtel zunächst in dünner Schicht mit der Traufel vorziehen und anschließend bis zur vorgesehenen Dicke aufbringen. Nach kurzer Standzeit ist die Mörteloberfläche mit einem Holz- oder Kunststoffreibebrett zu reiben.

Trockenspritzverfahren

Sika MonoTop AW ist für die pneumatische Förderung im Trockenspritzverfahren für alle handelsüblichen Trockenspritzmaschinen geeignet. Die Angaben der Maschinenhersteller der Maschinenhersteller bezüglich Luft-, Wasser- und Stromversorgung sind zu beachten. Um optimale Spritzergebnisse zu erzielen (geringer Rückprall und hohe Verdichtung) sollte mit einem Düsenabstand von ca. 1 Meter und in einem Spritzwinkel von 90° gearbeitet werden.

Nassspritzverfahren

Sika MonoTop AW ist auch für die Dichtstromförderung im Nassspritzverfahren mit handelsüblichen Schneckenpumpen (Mono mit Drehzahlregelung) geeignet. Ein Zwangsmischer ist notwendig. Die Schlauchlänge beträgt max. 40 m bei NW 35. Sika MonoTop AW muss homogen und klumpenfrei mittels Zwangsmischer angerührt werden. Für optimale Spritzergebnisse sollte mit einem Düsenabstand von ca. 0,5 Meter und einem Spritzwinkel von 90° gearbeitet werden. Die Mörteloberfläche kann spritzrauh stehen bleiben, oder auch nach ausreichendem Ansteifen rabbotiert und oder geglättet werden.

Unsere Empfehlung von Verarbeitungsgeräten beruht auf Versuchen mit einem Gerät zum Zeitpunkt der Drucklegung des Produktdatenblattes. Da solche Geräte nicht durch Sika hergestellt und vertrieben werden und unterschiedlich konfiguriert und/oder ausgestattet und/oder abgewandelt sein können, entbindet diese Empfehlung den Verarbeiter nicht von eigenen Recherchen zu Maschinenkonfigurationen, Einsatzfähigkeit und der Durchführung von Versuchen vor der endgültigen Verarbeitung. Sika übernimmt insoweit keine Haftung für den Erfolg oder Misserfolg beim Einsatz der Geräte.

NACHBEHANDLUNG

Der frische und erhärtete Instandsetzungsmörtel ist vor dem Austrocknen zu schützen. Im frischen Zustand wird dies durch Abhängen mit Folie erreicht. Nach 24 Stunde muss der Mörtel immer wieder gewässert werden. Die Nachbehandlungsdauer beträgt mindestens 8–10 Tage

WICHTIGE HINWEISE

CE-KENNZEICHNUNG	Siehe Leistungserklärung
GEFAHRENHINWEISE	<p>GISCODE: ZP 1</p> <p>Für den Umgang mit unseren Produkten sind die wesentlichen, physikalischen, sicherheitstechnischen, toxikologischen und ökologischen Daten den stoffspezifischen Sicherheitsdatenblättern zu entnehmen. Die einschlägigen Vorschriften, wie z.B. die Gefahrenstoffverordnung, sind zu beachten.</p> <p>Zur Auswahl einer geeigneten Schutzausrüstung stehen Ihnen unter www.sika.de unsere Infodatenblätter „Allgemeine Hinweise zum Arbeitsschutz“ (Kennziffer 7510) und „Allgemeine Hinweise zum Tragen von Schutzhandschuhen“ (Kennziffer 7511) zur Verfügung.</p>
DATENBASIS	Alle technischen Daten, Maße und Angaben in diesem Datenblatt beruhen auf Labortests. Tatsächlich gemessene Daten können in der Praxis aufgrund von Umständen außerhalb unseres Einflussbereiches abweichen.
LÄNDERSPEZIFISCHE DATEN	Die Angaben in diesem Produktdatenblatt sind gültig für das von der Sika Deutschland GmbH ausgelieferte Produkt. Bitte beachten Sie, dass Angaben in anderen Ländern davon abweichen können. Beachten Sie das im Ausland gültige Produktdatenblatt.
RECHTSHINWEISE	Die vorstehenden Angaben, insbesondere die Vorschläge für Verarbeitung und Verwendung unserer Produkte, beruhen auf unseren Kenntnissen und Erfahrungen im Normalfall, vorausgesetzt die Produkte wurden sachgerecht gelagert und angewandt. Wegen der unterschiedlichen Materialien, Untergründen und abweichenden Arbeitsbedingungen kann eine Gewährleistung eines Arbeitsergebnisses oder eine Haftung, aus welchem Rechtsverhältnis auch immer, weder aus diesen Hinweisen, noch aus einer mündlichen Beratung begründet werden, es sei denn, dass uns insoweit Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt. Hierbei hat der Anwender nachzuweisen, dass er schriftlich alle Kenntnisse, die zur sachgemäßen und erfolgversprechenden Beurteilung durch Sika erforderlich sind, Sika rechtzeitig und vollständig übermittelt hat. Der Anwender hat die Produkte auf ihre Eignung für den vorgesehenen Anwendungszweck zu prüfen. Änderungen der Produktspezifikationen bleiben vorbehalten. Schutzrechte Dritter sind zu beachten. Im Übrigen gelten unsere jeweiligen Verkaufs- und Lieferbedingungen. Es gilt das jeweils neueste Produktdatenblatt, das von uns angefordert werden sollte, oder im Internet unter www.sika.de heruntergeladen werden kann.

Sika Deutschland GmbH
Flooring / Waterproofing
Kornwestheimer Straße 103-107
70439 Stuttgart
Deutschland

Telefon: 0711/8009-0
Telefax: 0711/8009-321
E-Mail: info@de.sika.com
www.sika.de

Produktdatenblatt
Sika MonoTop AW
Gültig ab: 16.03.2015
Kennziffer: 2149

A7

Sika® Nachbehandlungsmittel NB 100

Für mattfeuchte / entschalte Betonoberflächen, Typ: VM/BM
nach TL-NBM

Construction

Produkt Beschreibung

Sika Nachbehandlungsmittel NB 100 mit erhöhtem Wirkstoffgehalt wird im Betonbau zur Nachbehandlung eingesetzt.

Anwendungsgebiete

- Beton für Verkehrsflächen, z. B. Straßen, Flugplätze (Typ: VM)
- für nichtbefahrene Bauteile (Typ: BM)
- Estrich
- horizontale Betonoberflächen ohne spätere Beschichtung
- vertikale Betonoberflächen ohne spätere Beschichtung
- bei hohen Temperaturen, starker Sonneneinstrahlung, Windbewegung sowie bei niedriger Luftfeuchtigkeit

Eigenschaften / Vorteile

Das Aufsprühen eines flüssigen Nachbehandlungsmittels ist eine rationelle Nachbehandlungsmethode für den grünen oder jungen Beton, wodurch die Wasserabgabe aus dem Beton weitgehend verhindert wird.

Sika Nachbehandlungsmittel NB 100 ist eine hochwirksame lösemittelfreie Wachsemulsion und bewirkt nach Trocknung einen weitgehend wasserdampfdurchlässigen Schutzfilm auf der Betonoberfläche.

Das ergibt beim Beton:

- Verstopfung der Oberflächenporen des Betons
- extrem hoher Verdunstungsschutz
- Schutz gegen Austrocknung
- Vorbeugen vor Schrumpf- und Schwindrissen
- Verbesserung der Festigkeitseigenschaften in der oberflächennahen Schicht
- kein Abfließen auf geneigten Flächen
- spätere Verwitterung des Schutzfilms in Abhängigkeit von Wetterverhältnissen und mechanischen Beanspruchungen

Zulassungen / Prüfungen

Entspricht den „Technischen Lieferbedingungen für flüssige Betonnachbehandlungsmittel“ TL NBM-StB 09

(Erfüllt die Anforderungen nach ASTM C-309)



Produktdaten

Form / Farbe	weiße Flüssigkeit
Wirkstoffbasis	Paraffinwachs
Dichte (20°C)	0,99 g/cm³
Löslichkeit:	in Wasser
Verarbeitungstemperatur	ab +1°C
Lieferform	Kanne: 30 kg Fass: 190 kg Tauschcontainer: 900 kg
Lagerbedingungen / Haltbarkeit	Vor Frost, starker Sonneneinstrahlung und Verunreinigungen schützen Bei loser Lieferung saubere Tanks und Behälter verwenden In geschlossenen Behältern mindestens 1 Jahr haltbar Durch Frosteinwirkung wird die Emulsion unbrauchbar Nach längerer Lagerung vor Gebrauch aufrühren oder aufschütteln

Verarbeitung

Verbrauch	100-150 g/m², abhängig von der Rauigkeit der Oberfläche
Verarbeitungshinweise	<p>Beim Eintritt der Mattfeuchte der Betonoberfläche Sika Nachbehandlungsmittel NB 100 gleichmäßig und deckend aufsprühen</p> <p>Je früher der Auftrag auf mattfeuchte bzw. entschalte Oberfläche erfolgt, um so wirkungsvoller der Schutz</p> <p>Pfützen und Wasserlachen vor Verarbeitung entfernen</p> <p>Frischer Nachbehandlungsfilm erscheint auf der Oberfläche zunächst weiß; unterschiedliche Auftragsstärken können zu Fleckenbildung führen</p> <p>Bei sehr hohen oder niedrigen Temperaturen sind zusätzliche Nachbehandlungsmaßnahmen erforderlich</p> <p>Ein restloses Entfernen des Schutzfilms durch z.B. Dampfstrahlen oder gutes Abbürsten ist notwendig, wenn ein nachträgliches Aufbringen von Beton, Mörtel, Putz, Verbundestrich, Baukleber, Haftbrücken, Anstrichstoffen usw. erfolgen soll</p> <p>Verunreinigungen vermeiden, saubere Arbeitsgeräte verwenden (Wachsausflockung!)</p>

Wichtige Hinweise

Gefahrenhinweis	<p>Für den Umgang mit unseren Produkten sind die wesentlichen physikalischen, sicherheitstechnischen, toxikologischen und ökologischen Daten den stoffspezifischen Sicherheitsdatenblättern zu entnehmen.</p> <p>Die einschlägigen Vorschriften, wie z. B. die Gefahrstoffverordnung, sind zu beachten.</p> <p>Auf Wunsch stellen wir Ihnen unser System-Merkblatt TM 7510 "Hinweise zum Arbeitsschutz" beim Umgang mit Produkten der Sika Deutschland GmbH zur Verfügung.</p>
Datenbasis	Alle technischen Daten, Maße und Angaben in diesem Datenblatt beruhen auf Labortests. Tatsächlich gemessene Daten können in der Praxis aufgrund von Umständen außerhalb unseres Einflussbereiches abweichen.

Rechtshinweise

Die vorstehenden Angaben, insbesondere die Vorschläge für Verarbeitung und Verwendung unserer Produkte, beruhen auf unseren Kenntnissen und Erfahrungen im Normalfall, vorausgesetzt die Produkte wurden sachgerecht gelagert und angewandt. Wegen der unterschiedlichen Materialien, Untergründen und abweichenden Arbeitsbedingungen kann eine Gewährleistung eines Arbeitsergebnisses oder eine Haftung, aus welchem Rechtsverhältnis auch immer, weder aus diesen Hinweisen, noch aus einer mündlichen Beratung begründet werden, es sei denn, dass uns insoweit Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt. Hierbei hat der Anwender nachzuweisen, dass er schriftlich alle Kenntnisse, die er zur sachgemäßen und Erfolg versprechenden Beurteilung durch Sika erforderlich sind, Sika rechtzeitig und vollständig übermittelt hat. Der Anwender hat die Produkte auf ihre Eignung für den vorgesehenen Anwendungszweck zu prüfen. Änderungen der Produktspezifikationen bleiben vorgehalten. Schutzrechte Dritter sind zu beachten. Im Übrigen gelten unsere jeweiligen Verkaufs- und Lieferbedingungen. Es gilt das jeweils neueste Produktdatenblatt, das von uns angefordert werden sollte.



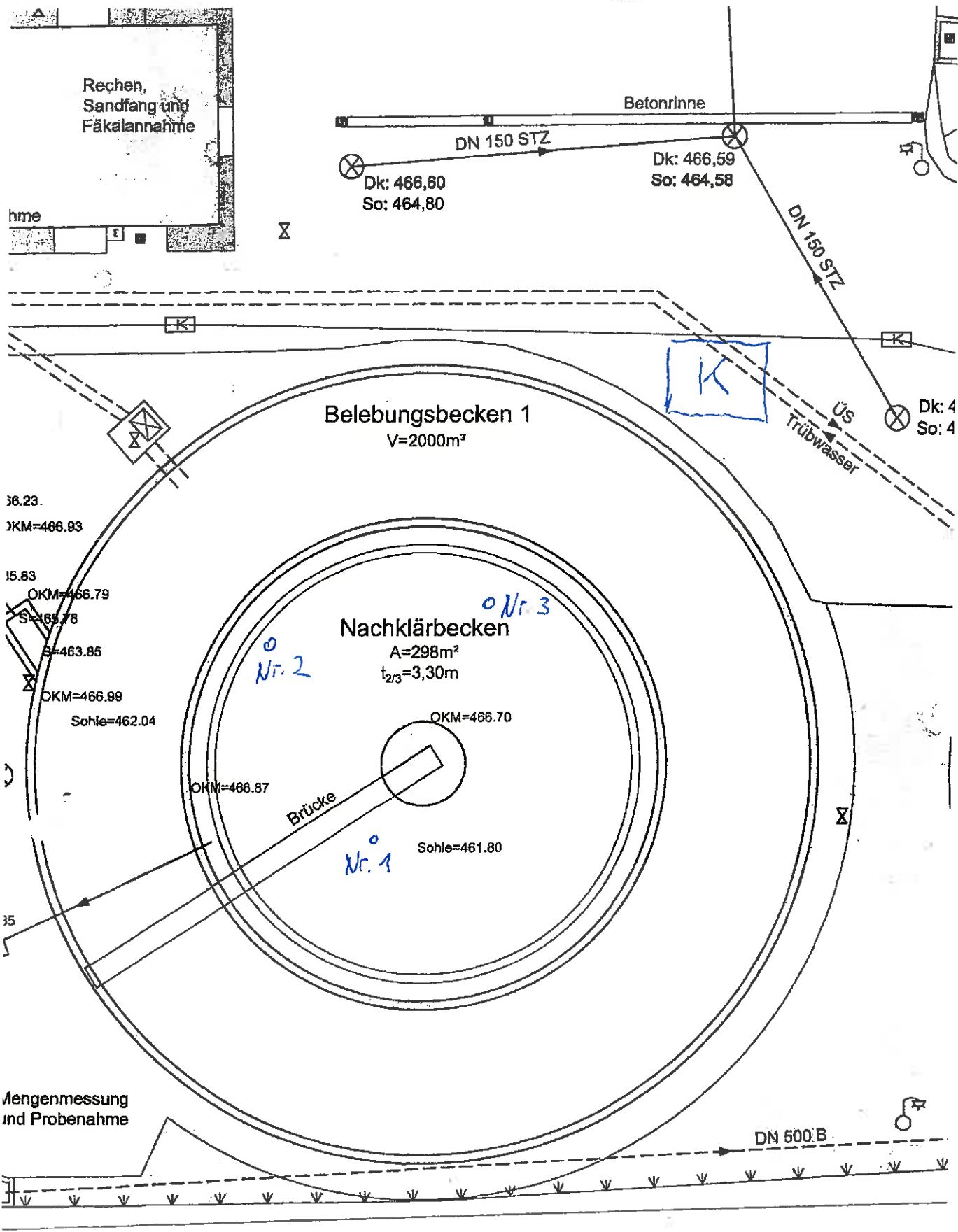
Sika Deutschland GmbH
Peter-Schuhmacher-Str. 8
69181 Leimen

Telefon 0 62 24 / 988-04
Telefax 0 62 24 / 988-522
www.sika.de

AS

Formblatt B 1.3.2

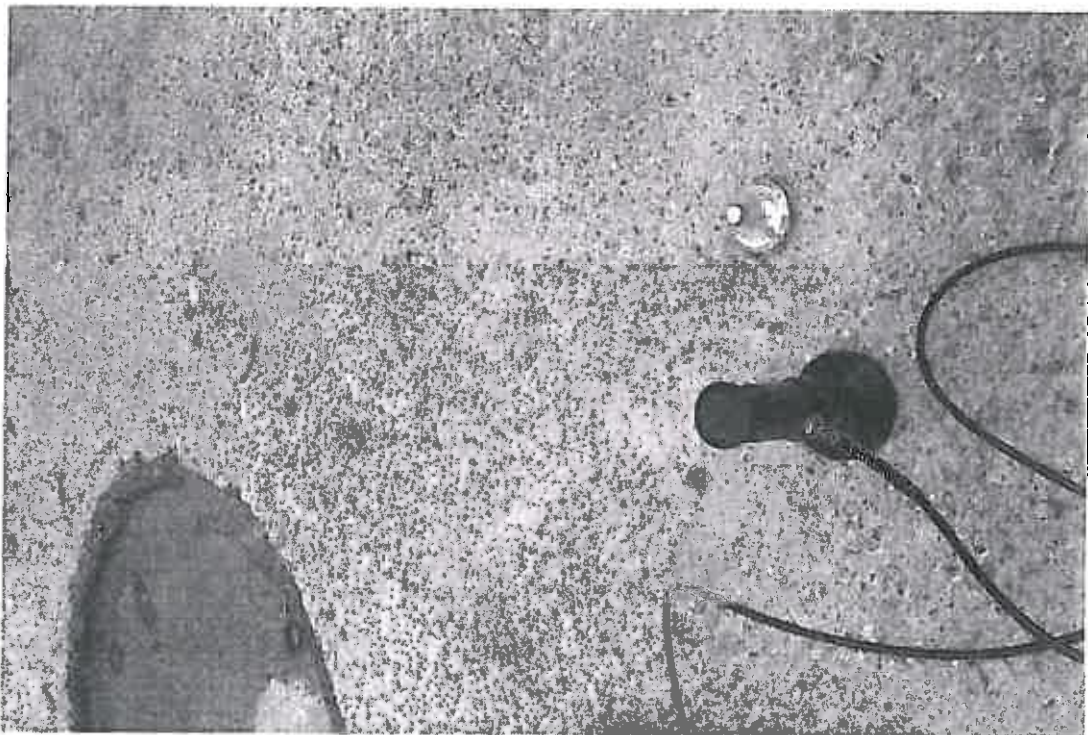
Abreißfestigkeit					Seite										
Produkt / Systembezeichnung					Bauwerksnummer (ASB)										
Baumaßnahme					Bauwerksname										
K.A. Markt Indersdorf															
Bauabschnitt					oben										
					unten										
Kombi, becken 1 NKB Boden (OST)															
Herstellungsdatum der Schichten					Prüfungsdatum										
					31.05.2015										
Zugeordnete Prüffläche			Angaben zum Prüfgerät De Felste			Geprüft wird									
			Proxi Test AT-A			Betonunterlage									
			Geräte Typ-Nr. AT 05677			vorbereitet <input checked="" type="checkbox"/>									
			Messbereich 0 - 3,30 N/mm ²			unvorbereitet <input type="checkbox"/>									
			Prüfstempeldurchmesser 50 mm			Betonersatzsystem <input type="checkbox"/>									
			Prfstempelflche mm ²			Grundierung/Versiegelung/									
						Kratzpachtelung <input type="checkbox"/>									
			Angaben zur Prfung			Oberflchenschutzsystem <input type="checkbox"/>									
			Bohrtiefe 10 mm			Dichtungsschicht <input type="checkbox"/>									
			Klebstoff MC-Quicksolid			Dnnbelag <input type="checkbox"/>									
			Krafteinstiegsgeschwindigkeit [N/s]			Haftschrift <input type="checkbox"/>									
			... <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/>			Schweibahn <input type="checkbox"/>									
			50 <input type="checkbox"/> 300 <input type="checkbox"/>			Dichtungssystem <input type="checkbox"/>									
						Korrosionsschutzsystem <input type="checkbox"/>									
Nr.	Temp. d. Schichten [°C]	Abreikraft [N]	Abreifestigkeit		Versagensart [% der Bruchfläche]										
			Einzelwert [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Kohäsionsversagen						Adhäsionsversagen				
					A	B	C	D	Y	Z	A/B	B/C	C/D	D/Y	Y/Z
1			2,91												
2			2,11												
3			1,65												
Unterschriften												Bezeichnung der Schichten			
A. Reichel												A =			
BMF Bauwerksentlastungs GmbH												B =			
Prüfer/ Firma												C =			
Auftragnehmer												D =			
Auftraggeber												Y = Kleber			
												Z = Stempel			



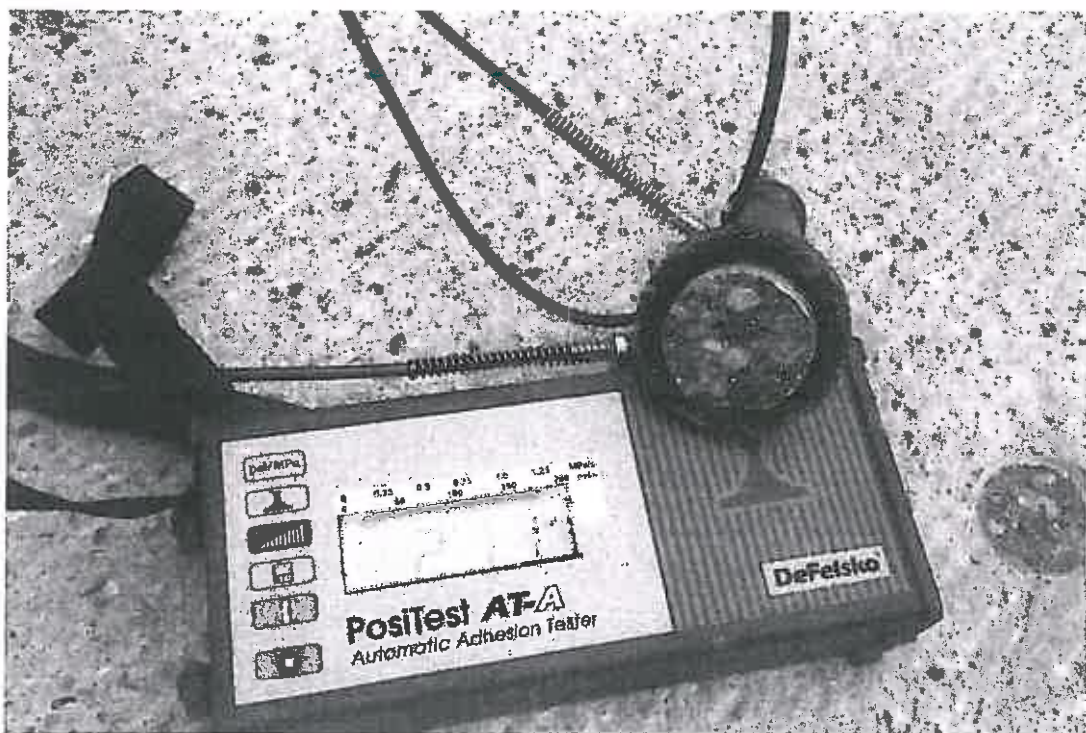
Haftzugswerte NKB Borden

31.05.2015

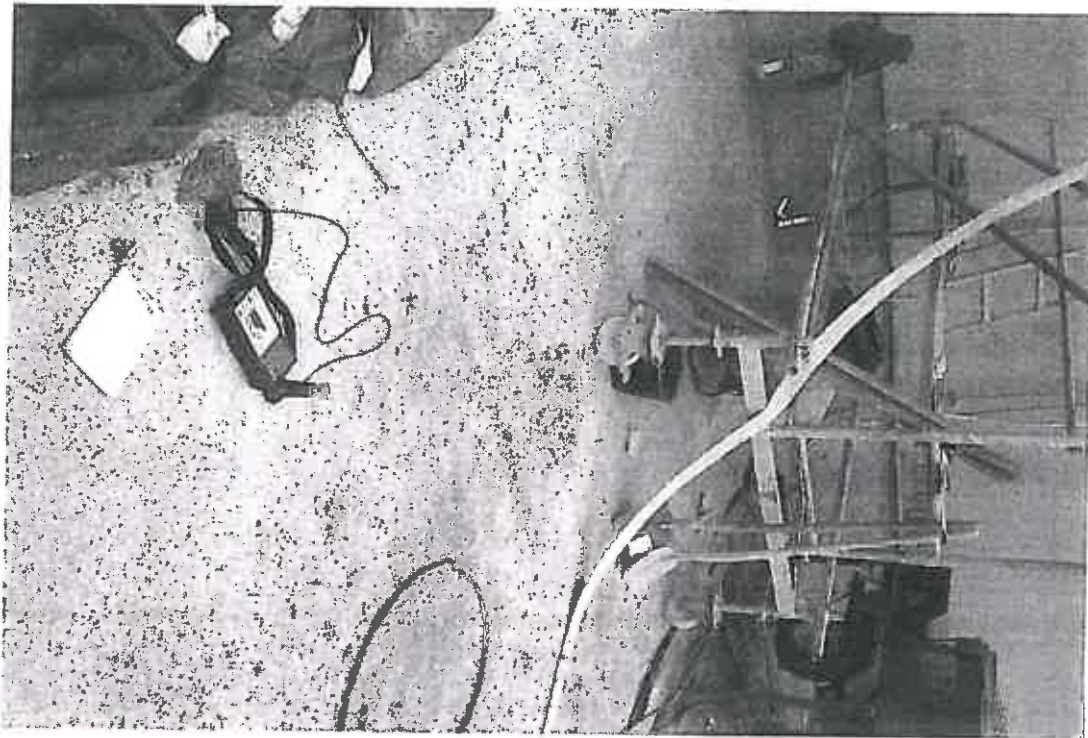
Nr. 1



Nr. 2



Nr. 3

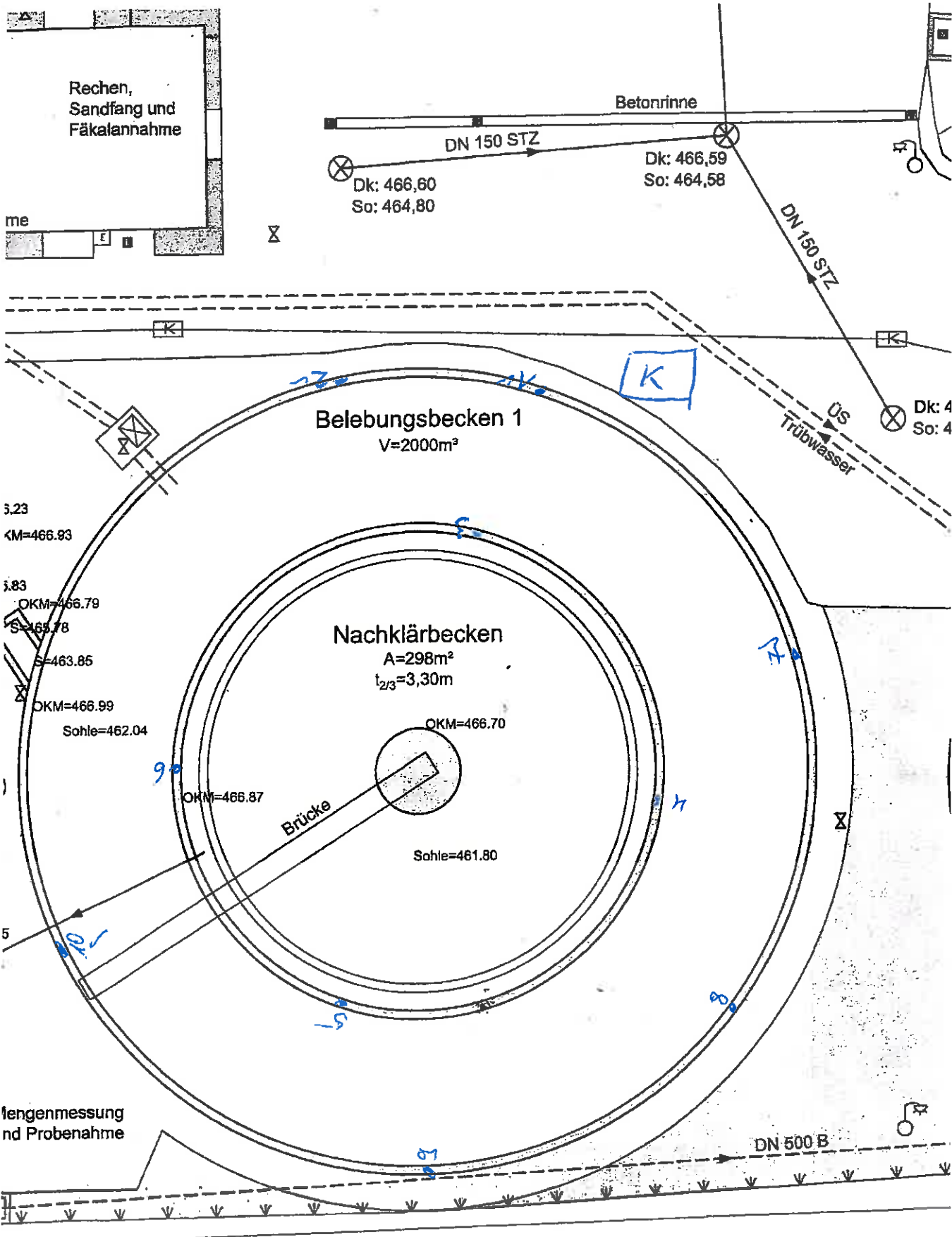


Formblatt B 1.3.2

Abreißfestigkeit					Seite											
Produkt / Systembezeichnung					Bauwerksnummer (ASB)											
Baumaßnahme KA Markt Indersdorf Berren OST					Bauwerksname											
Bauabschnitt Kombibechen 1 Mittelwand NKB					oben											
					unten											
Herstellungsdatum der Schichten					Prüfungsdatum 08.05.2015											
Zugeordnete Prüffläche					Angaben zum Prüfgerät De Telsto Prosi Test AT-A Geräte Typ-Nr. AT 09677 Messbereich 0-3,30 N/mm ² Prüfstempeldurchmesser 50 mm Prüfstempelfläche mm ²					Geprüft wird Betonunterlage vorbereitet <input checked="" type="checkbox"/> unvorbereitet <input type="checkbox"/> Betonersatzsystem <input type="checkbox"/> Grundierung/Versiegelung/ Kratzspachtelung <input type="checkbox"/> Oberflächenschutzsystem <input type="checkbox"/> Dichtungsschicht <input type="checkbox"/> Dünnbelag <input type="checkbox"/> Haftschrift <input type="checkbox"/> Schweißbahn <input type="checkbox"/> Dichtungssystem <input type="checkbox"/> Korrosionsschutzsystem <input type="checkbox"/>						
					Angaben zur Prüfung Bohrtiefe 10 mm Klebstoff MC-Druckschicht Krafteinstiegsgeschwindigkeit [N/s] ... <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 300 <input type="checkbox"/>											
Nr.	Temp. d. Schichten [°C]	Abreißkraft [N]	Abreißfestigkeit		Versagensart [% der Bruchfläche]											
			Einzelwert [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Kohäsionsversagen						Adhäsionsversagen					
					A	B	C	D	Y	Z	A/B	B/C	C/D	D/Y	Y/Z	
1			2,07													
2			3,30													
3			2,05													
4			2,41													
Unterschriften i. A. M. Reichel BMF Bauwerkserhaltung GmbH					Bezeichnung der Schichten A = B = C = D = Y = Kleber Z = Stempel											
Prüfer/ Firma			Auftragnehmer			Auftraggeber										

Stand: 07/06

Wandelkrone

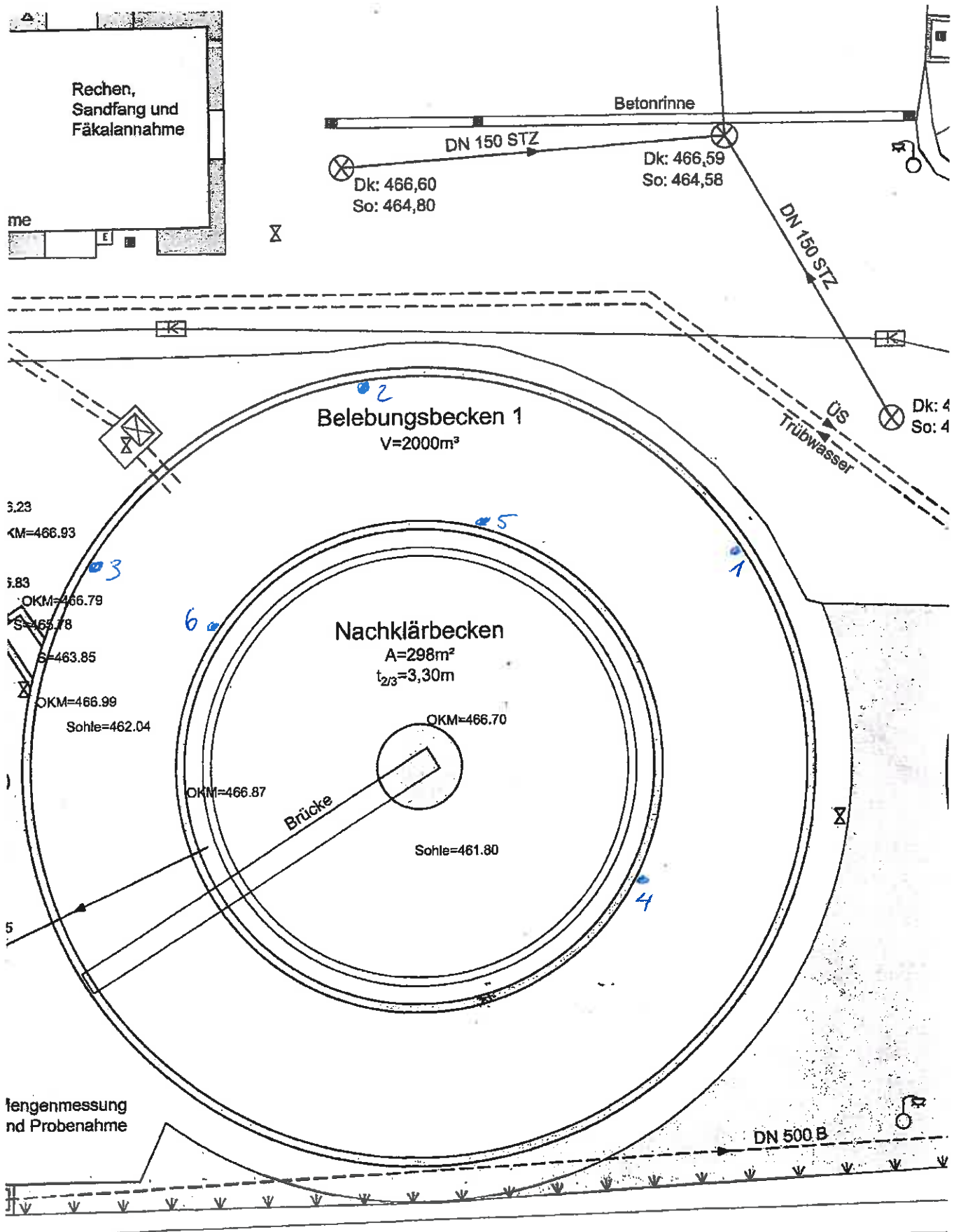


Formblatt B 1.3.2

Abreißfestigkeit						Seite																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Produkt / Systembezeichnung						Bauwerksnummer (ASB)																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
						<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Baumaßnahme						Bauwerksname																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Bauabschnitt						oben																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Herstellungsdatum der Schichten						unten																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Zugewordnete Prüffläche Angaben zum Prüfgerät De Felsko Prosi Test AT-A Geräte Typ-Nr. AT 09077 Messbereich 0-3,30 N/mm ² Prüfstempeldurchmesser 50 mm Prüfstempelfläche mm ² Angaben zur Prüfung Bohrtiefe 10 mm Klebstoff MC-Bewicksolid Krfteinstiegesgeschwindigkeit [N/s] ... <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 300						Geprüft wird Betonunterlage vorbereitet <input checked="" type="checkbox"/> unvorbereitet <input type="checkbox"/> Betonersatzsystem <input type="checkbox"/> Grundierung/Versiegelung/ Kratzspachtelung <input type="checkbox"/> Oberflchenschutzsystem <input type="checkbox"/> Dichtungsschicht <input type="checkbox"/> Dnnbelag <input type="checkbox"/> Haftschrift <input type="checkbox"/> Schweibahn <input type="checkbox"/> Dichtungssystem <input type="checkbox"/> Korrosionsschutzsystem <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nr.</th> <th rowspan="2">Temp. d. Schichten [°C]</th> <th rowspan="2">Abreißkraft [N]</th> <th colspan="2">Abreißfestigkeit</th> <th colspan="10">Versagensart [% der Bruchfläche]</th> </tr> <tr> <th>Einzelwert [N/mm²]</th> <th>Mittelwert [N/mm²]</th> <th colspan="5">Kohäsionsversagen</th> <th colspan="5">Adhäsionsversagen</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>A/B</th> <th>B/C</th> <th>C/D</th> <th>D/Y</th> <th>Y/Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td>2,12</td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>3,02</td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td>2,04</td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td>3,25</td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td>3,19</td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td>2,64</td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>								Nr.	Temp. d. Schichten [°C]	Abreißkraft [N]	Abreißfestigkeit		Versagensart [% der Bruchfläche]										Einzelwert [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Kohäsionsversagen					Adhäsionsversagen										A	B	C	D	Y	Z	A/B	B/C	C/D	D/Y	Y/Z	1			2,12													2			3,02													3			2,04													4			3,25													5			3,19													6			2,64																																																																																																																																																																												
Nr.	Temp. d. Schichten [°C]	Abreißkraft [N]	Abreißfestigkeit		Versagensart [% der Bruchfläche]																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
			Einzelwert [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Kohäsionsversagen					Adhäsionsversagen																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
					A	B	C	D	Y	Z	A/B	B/C	C/D	D/Y	Y/Z																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1			2,12																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2			3,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
3			2,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
4			3,25																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
5			3,19																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
6			2,64																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Unterschriften						Bezeichnung der Schichten																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
i. A. M. Reichel BMF Bauwerkserhaltung Prüfer/ Firma						A = B = C = D = Reinbeton Y = Kleber Z = Stempel																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Auftragnehmer						Auftraggeber																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

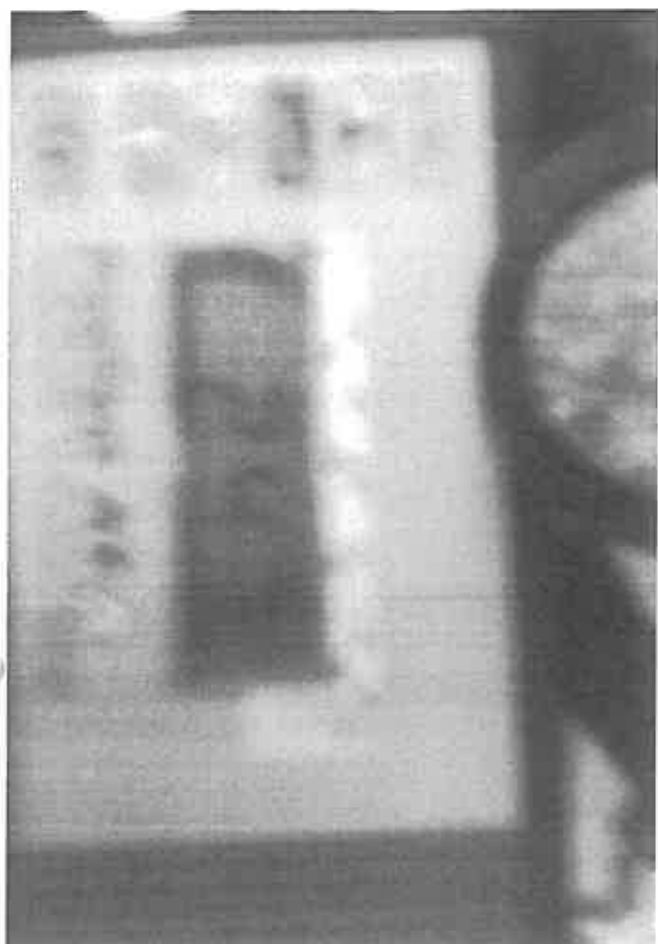
Haltzugsstempel gezogen
vom 07.04.2015

Innenwand BB + Mittelwand BB



Formblatt B 1.3.2

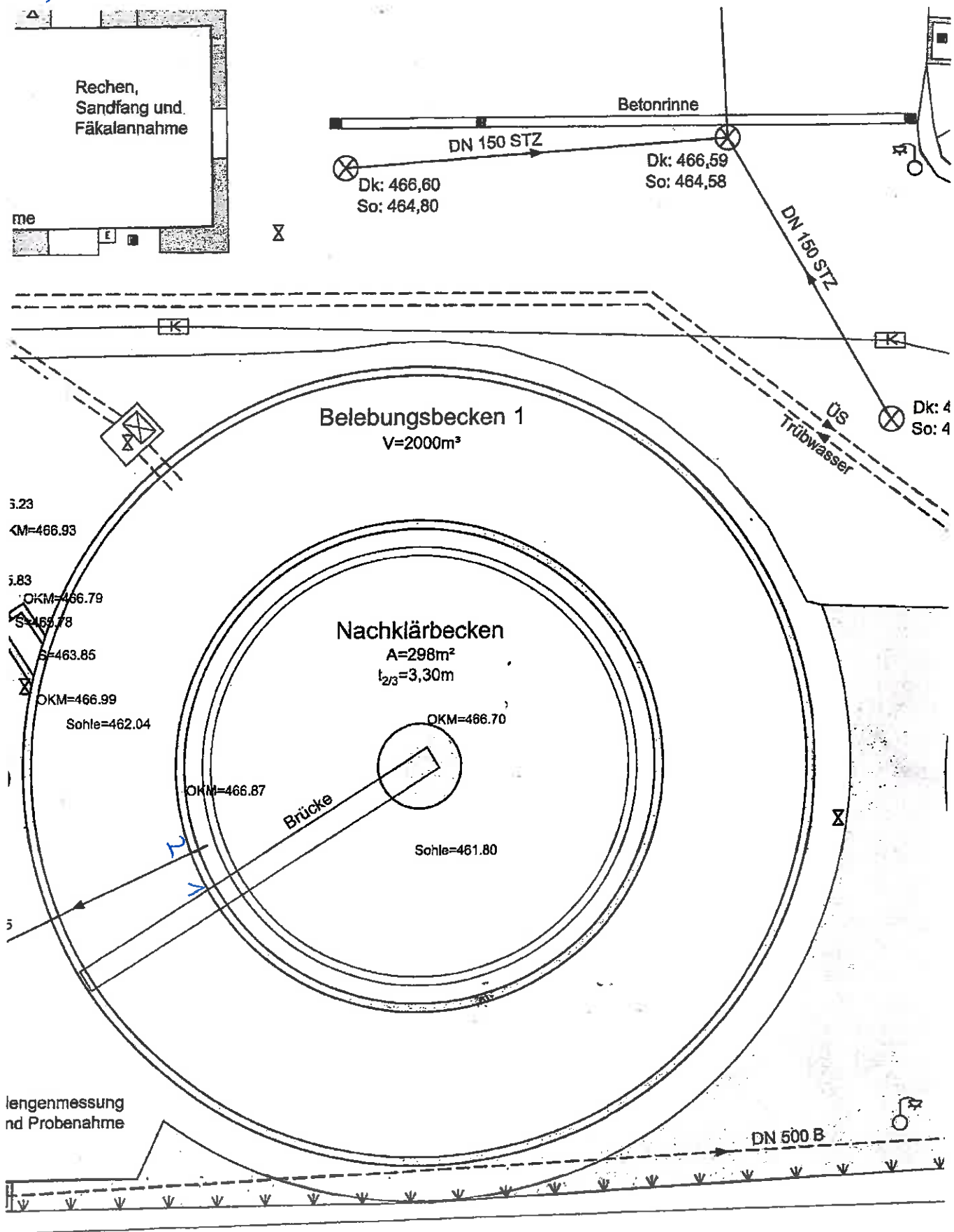
Abreißfestigkeit					Seite											
Produkt / Systembezeichnung					Bauwerksnummer (ASB)											
Baumaßnahme <i>KA Markt Indersdorf</i>					Bauwerksname											
Bauabschnitt <i>"OST"</i>					oben											
<i>Kombibecken 1 Belebungsbecken Mittelzone</i>					unten											
Herstellungsdatum der Schichten					Prüfungsdatum <i>31.03.2015</i>											
Zugeordnete Prüffläche					Angaben zum Prüfgerät <i>De Felco</i> <i>Prosi Test AT-A</i> Geräte Typ-Nr. <i>AT 03677</i> Messbereich <i>0-3,30 N/mm²</i> Prüfstempeldurchmesser <i>50</i> mm Prüfstempelfläche mm²					Geprüft wird Betonunterlage vorbereitet <input checked="" type="checkbox"/> unvorbereitet <input type="checkbox"/> Betonersatzsystem <input type="checkbox"/> Grundierung/Versiegelung/ Kratzspachtelung <input type="checkbox"/> Oberflächenschutzsystem <input type="checkbox"/> Dichtungsschicht <input type="checkbox"/> Dünnbelag <input type="checkbox"/> Haftschrift <input type="checkbox"/> Schweißbahn <input type="checkbox"/> Dichtungssystem <input type="checkbox"/> Korrosionsschutzsystem <input type="checkbox"/>						
					Angaben zur Prüfung Bohrtiefe <i>10</i> mm Klebstoff <i>MC-Quickschid</i> Krafteinsteiggeschwindigkeit [N/s] ... <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 50 <input type="checkbox"/> 300 <input type="checkbox"/>											
Nr.	Temp. d. Schichten [°C]	Abreißkraft [N]	Abreißfestigkeit		Versagensart [% der Bruchfläche]											
			Einzelwert [N/mm²]	Mittelwert [N/mm²]	Kohäsionsversagen						Adhäsionsversagen					
					A	B	C	D	Y	Z	A/B	B/C	C/D	D/Y	Y/Z	
<i>1</i>			<i>2,47</i>					<i>80</i>	<i>10</i>							
<i>2</i>			<i>1,61</i>					<i>75</i>	<i>25</i>							
Unterschriften <i>i. A. Reichel</i> <i>BMF Bauwerkserhaltung</i> Prüfer/ Firma															Bezeichnung der Schichten A = B = C = D = <i>Robbeten</i> Y = Kleber Z = Stempel	
Auftragnehmer										Auftraggeber <i>pl</i>						



Haftzugsstempel vom 31.03.2015

2,0 Stk

Mittelwand BB



A9

PRÜFPROTOKOLL Haftzugfestigkeit

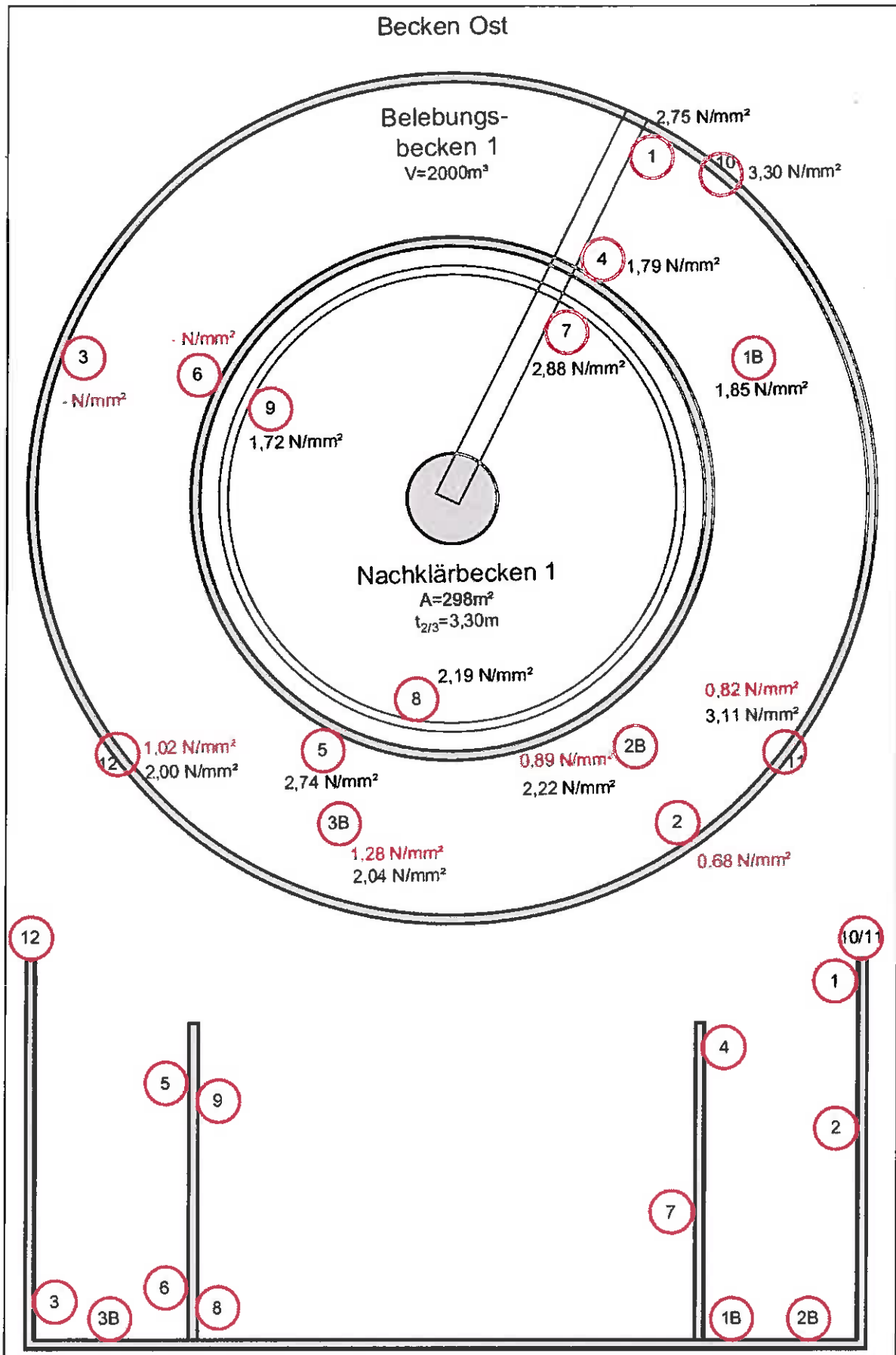
Dr. Blasy - Dr. Øverland

Beratende Ingenieure

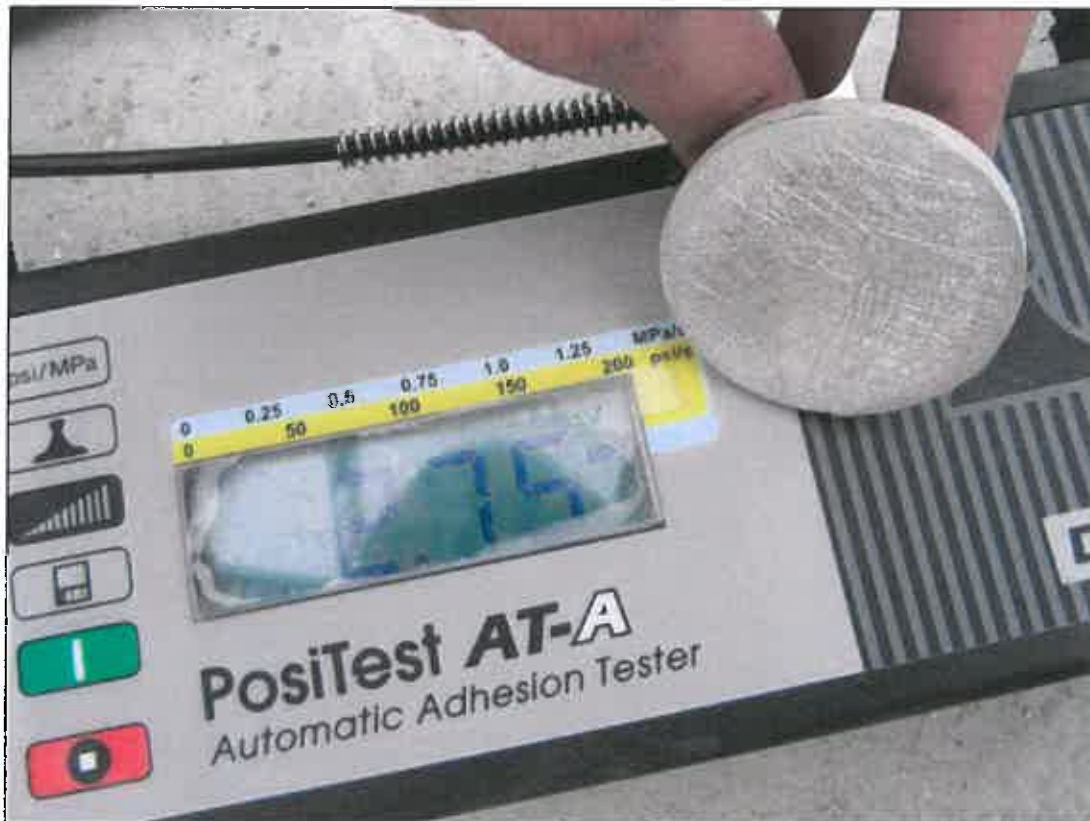
Baumaßnahme:	KA Markt Indersdorf
Bauabschnitt:	Kombibecken 1 (Ost) NKB Wände; BB Innen-, Außenwand und Beckenkrone; Fußboden nach Fräsen und HDW
Prüfungsdatum:	09.06.2015 – 12.06.2015

Angaben zum Prüfgerät:	De Felsko Prosi Test AT-A			
Messbereich:	0 - 3,30 N/mm ²			
Prüfstempeldurchmesser	50 mm			
Angaben zur Prüfung:				
Bohrtiefe:	10 mm			
Klebstoff:	MC –Quicksolid			
Messung:	Abreißfestigkeit			
Nr.	Einzelwert [N/mm ²]	Datum	Fehlerhaft [N/mm ²]	Datum
1	2,75	11.06.2015	-	-
2	-	-	0,68	11.06.2015
3	-	-	-	-
4	1,79	09.06.2015	-	-
5	2,74	11.06.2015	-	-
6	-	-	-	-
7	2,88	11.06.2015	-	-
8	2,19	11.06.2015	-	-
9	1,72	11.06.2015	-	-
10	3,30	09.06.2015	-	-
11	3,11	11.06.2015	0,82	09.06.2015
12	2,00	11.06.2015	1,02	09.06.2015
1B	1,85	11.06.2015	-	-
2B	2,22	12.06.2015	0,68	11.06.2015
3B	2,04	12.06.2015	1,20	11.06.2015

Prüfer/ Firma:	Hr. Reichel / BMF
Abnahme örtl. Bauüberwachung:	Hr. Böhm / Blasy-Øverland



Haftzugfestigkeit: 11.06.2015
Nr. 1: 2,75 N/mm²



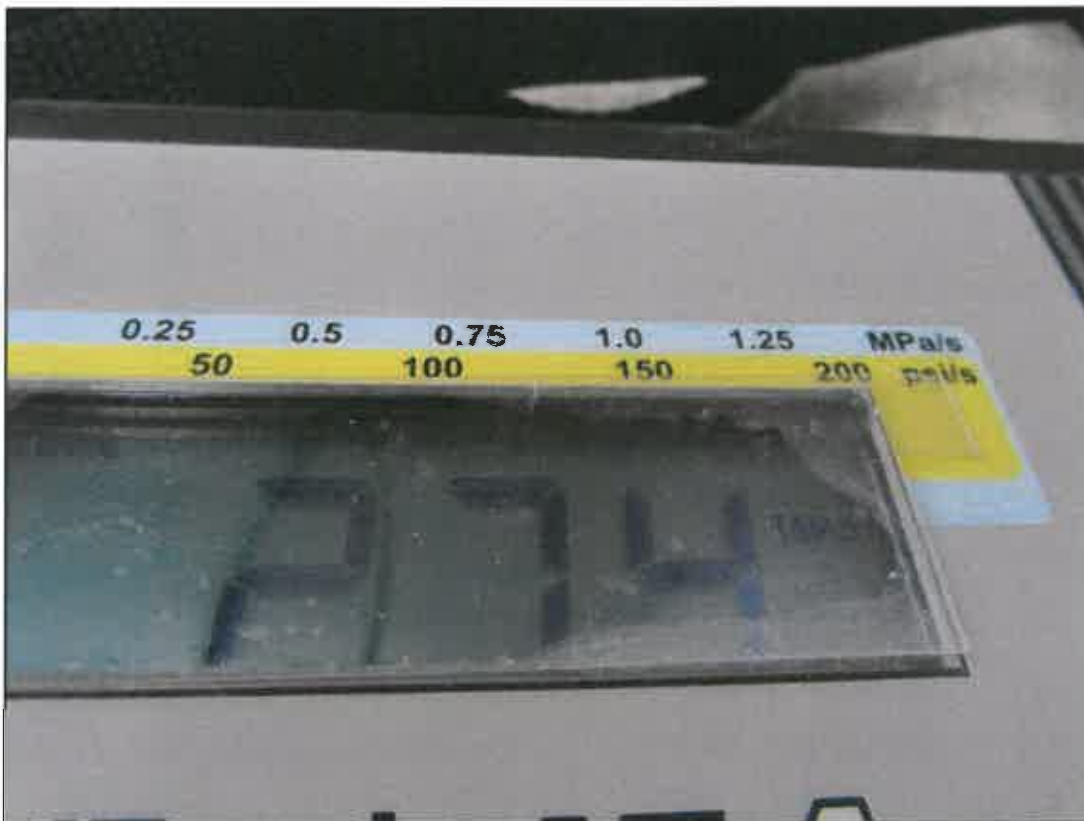
Haftzugfestigkeit: 11.06.2015
Nr. 2: 0,68 N/mm²



Haftzugfestigkeit: 09.06.2015
Nr. 4: 1,79 N/mm²



Haftzugfestigkeit: 11.06.2015
Nr. 5: 2,74 N/mm²



Haftzugfestigkeit: 11.06.2015
Nr. 7: 2,88 N/mm²



Haftzugfestigkeit: 11.06.2015
Nr. 8: 2,19 N/mm²



Haftzugfestigkeit: 11.06.2015
Nr. 9: 1,72 N/mm²



Haftzugfestigkeit: 09.06.2015
Nr. 10: 3,30 N/mm²



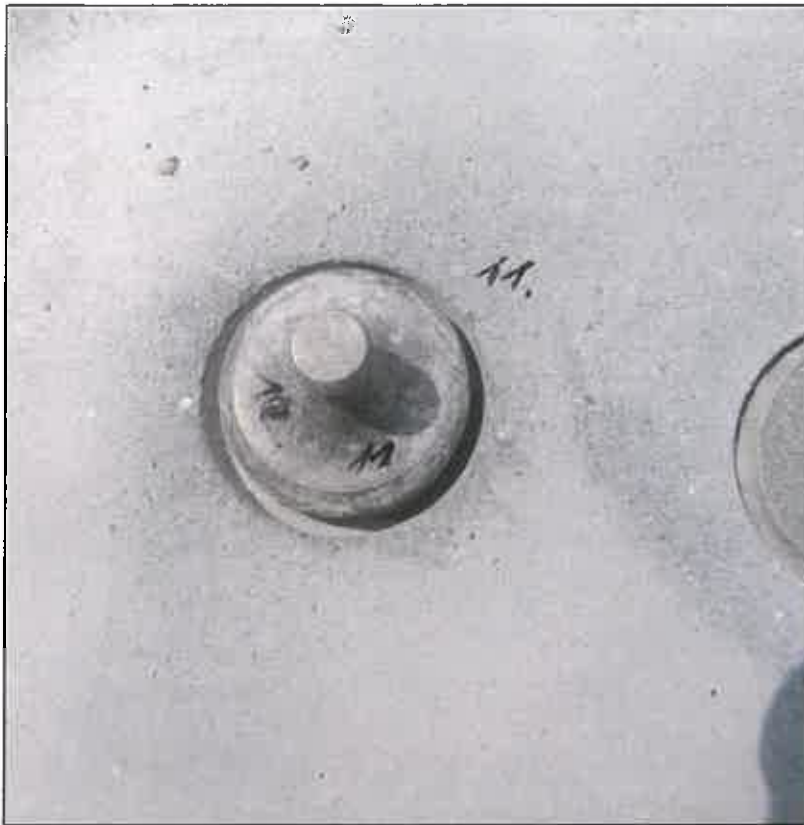
Haftzugfestigkeit: 09.06.2015

Nr. 11: 0,82 N/mm²

An Kleber gerissen



Haftzugfestigkeit: 11.06.2015 zweite Prüfung
Nr. 11: 3,11 N/mm²



Haftzugfestigkeit: 09.06.2015

Nr. 12: 1,02 N/mm²

An Kleber gerissen



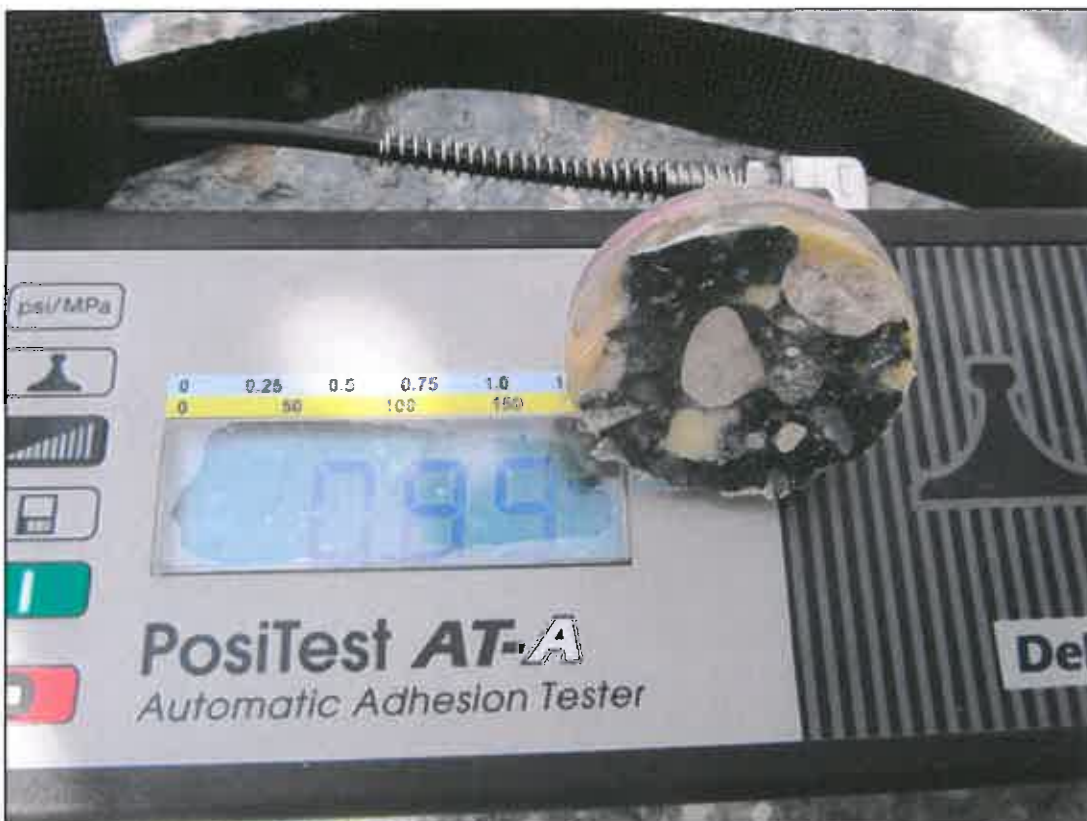
Haftzugfestigkeit: 11.06.2015 zweite Prüfung
Nr. 12: 2,00 N/mm²



Haftzugfestigkeit: 09.06.2015
Nr. 1B: 1,85 N/mm²



Haftzugfestigkeit: 09.06.2015
Nr. 2B: 0,68 N/mm²



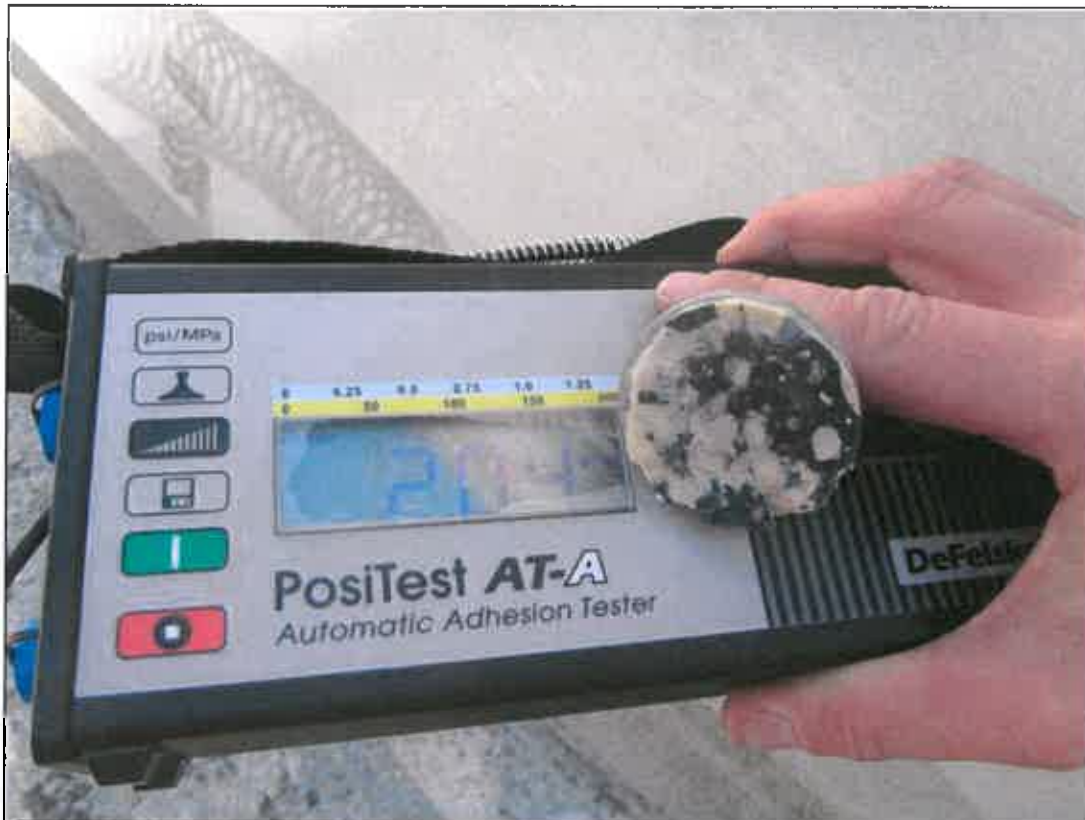
Haftzugfestigkeit: 12.06.2015 zweite Prüfung
Nr. 2B: 2,22 N/mm²



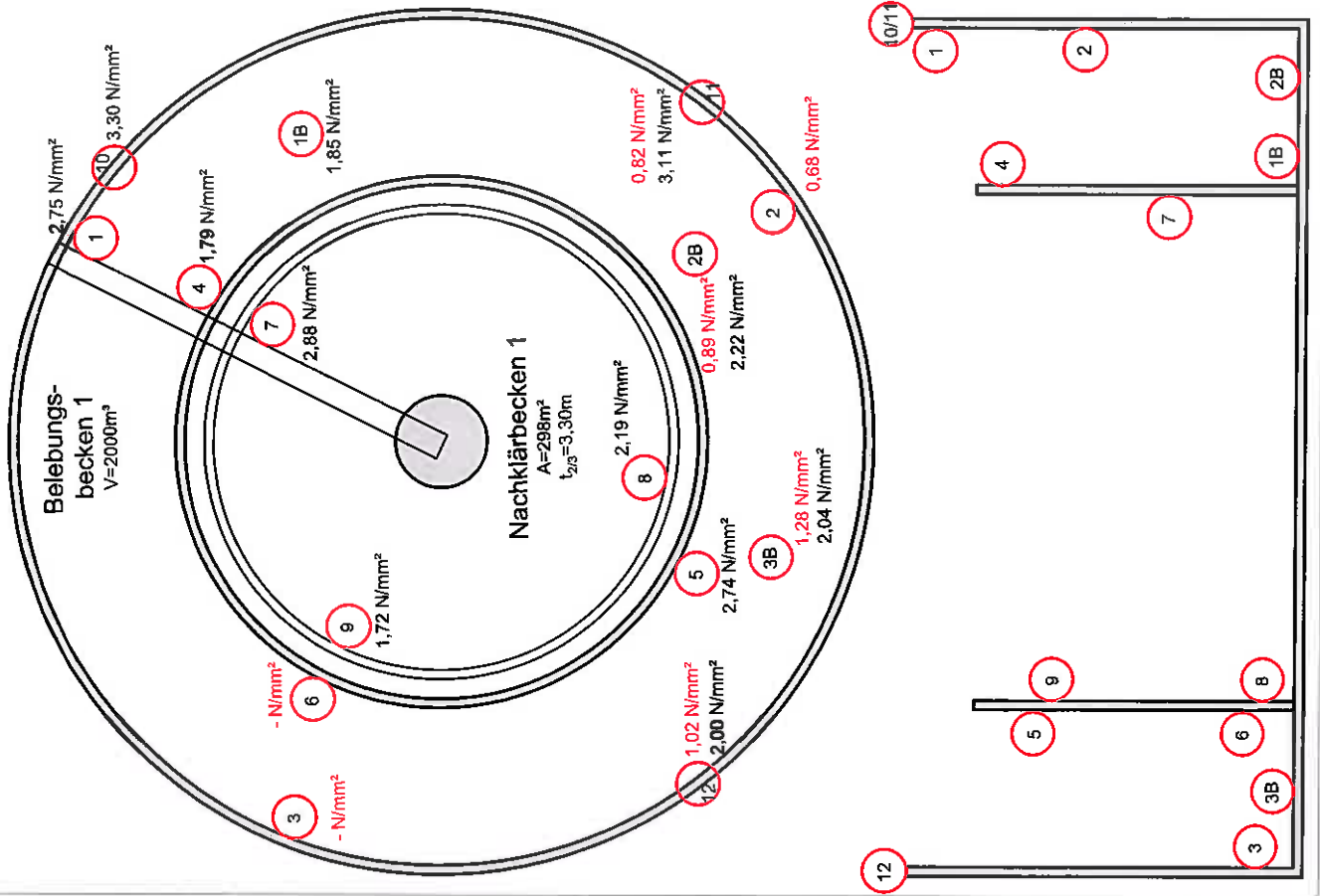
Haftzugfestigkeit: 09.06.2015
Nr. 3B: 1,28 N/mm²



Haftzugfestigkeit: 12.06.2015 zweite Prüfung
Nr. 3B: 2,04 N/mm²



Becken Ost





IBQ . Puchheimer Str. 13 . 82194 Gröbenzell bei München

Puchheimer Straße 13, 82194 Gröbenzell
Telefon 08142/8027, Fax 08142/8029
info@ibqmbh.de, www.ibqmbh.de

Markt Markt Indersdorf
Bauamt
Marktplatz 1

Stadtparkasse München - BIC: SSKMDEMM
IBAN: DE5970150000001511222
HRB 80978 beim AG München - GF: Ernst Färber

85229 Markt-Indersdorf

Beton- und Asphaltprüfstelle (DIN 1045 - RAP Stra)
Erd-/Grundbaulabor, Sanierungsbegutachtung
Mitglied in: bup, DBV, VDB, BYIK Bau u.a.

Bericht Nr.: 328-14 04 -MIndKLABehOstCl+Su

vom: 11.06.2015

Bestimmung des Sulfat- und Chloridgehaltes am Altbeton

1. Angaben z. Auftrag vom 01.06.2015

Auftraggeber: **Markt Markt Indersdorf, Bauamt**
Ansprechpartner: Herr Erich Weisser Tel./Fax: 08136/934-200; Fax:-15
Baumaßnahme: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost**
Bauabschnitt: Bestimmung des Sulfat- und Chloridgehaltes am Altbeton
Bauüberwachung: Herr Windeck (IB Dr. Blasy + Dr. Overland)) Tel./Fax: 0172/820 26 96
Prüfauftrag: **Bestimmung des Sulfat- und Chloridgehaltes am Altbeton**
Prüfumfang: Cl1 + Cl2, Su 1+ Su 2 Ausführung: **10.06.2015**
Bemerkungen: Beton Altbestand unter Beschichtung: Sika Monotop AW

2. Bemerkungen zu den Untersuchungen / Chloridgehalt

Die Bohrmehlproben für die Untersuchungen wurden gemäß Vorgabe von der IBQ aus den Bauteilen durch Bohren entnommen (siehe Anlage 1). In der Prüfstelle wurden die Proben getrocknet, gemahlen und nach Salpetersäureaufschluss fotometrisch (LASA-Dr. Lange) auf den Chloridgehalt geprüft. Zur Ermittlung des korrosionsrelevanten Chloridgehaltes bezogen auf den Zementanteil (= v.Z.g) wurde eine durchschnittliche Zementmenge von 340 kg in 2380 kg = 1 m³ Beton (= 1:7) angesetzt.

Die Einzelergebnisse können dem Messprotokoll (Anlage 2) entnommen werden.

Die Chloridgehalte der untersuchten Proben lagen bis 60 mm unter dem für Stahlkorrosion allgemein als kritisch angesehenen Richtwert von 0,4 M.% vom Zementgewicht, wenn zum Teil auch nur knapp.

Es sei darauf hingewiesen, dass es unter ungünstigen Verhältnissen (z.B. keine Alkalität) auch ein Chloridgehalt unter 0,4 M.% v.Z. zur Korrosion an der Bewehrung kommen kann.

Instandsetzungsmaßnahmen in dieser Hinsicht sollten nicht erforderlich sein.

Deren Umfang wäre abhängig von der Intensität und der Tiefe der Chloridbelastung und der Lage der Bewehrung. Geringere Cl-Gehalte in äußeren Schichten sind ggf. mit Auswaschen, Rückgang der Salzeintragung in jüngerer Zeit bzw. unterschiedlicher Salzaufnahme der Schichten (Mörtel, Gestein) zu erklären.

3. Sulfatgehalt

Die Bohrmehlproben wurden nach dem Kochen mit Salzsäure fotometrisch (LASA-Dr. Lange) auf den Sulfatgehalt geprüft.

Die Einzelergebnisse können dem Messprotokoll auf der Anlage 3 entnommen werden.

Es wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Probe Nr.:	Sulfat in mg/ltr	Sulfat in M. %	Belastungsstufe
Su 1	11,1	0,56	mittel
Su 2	11,4	0,57	mittel

Die gemessenen Sulfatgehalte von 0,56 M. % und 0,57 M. % liegen etwas über dem gemäß praktischer Erfahrungen kritischen Wert von 0,5 M. % und somit im Bereich einer mittleren Belastung.

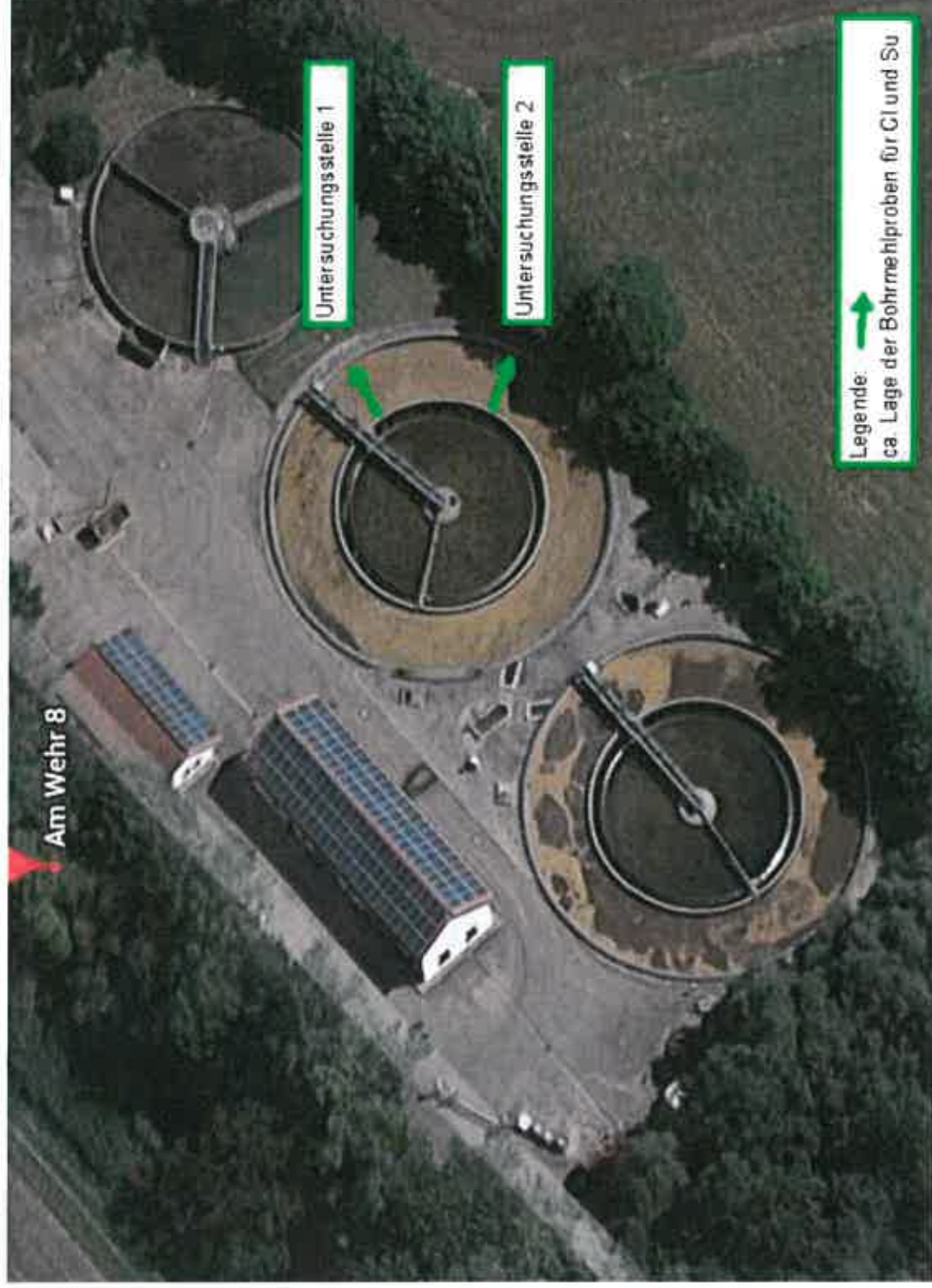
Es ist bei ungünstigen Bedingungen an diesen Stellen ggf. mit Quellen und Abplatzungen zu rechnen.

Zu Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung.

**IBQ - Ingenieurgesellschaft für Baustoffprüfung
und Qualitätssicherung mbH**

Dipl.-Ing.(FH) H. Grunwald i.A.





Legende

Lage der Untersuchungsstellen

Anlage 1

Objekt: Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost
Abschnitt: Bestimmung des Sulfat- und Chloridgehaltes am Altbeton

Prüfdatum: 10.06.2015
Maßstab: ohne

Fotometrische Bestimmung des Chloridgehaltes

(Rili SIB)

Anlage 2

Auftraggeber: Markt Indersdorf Bauamt

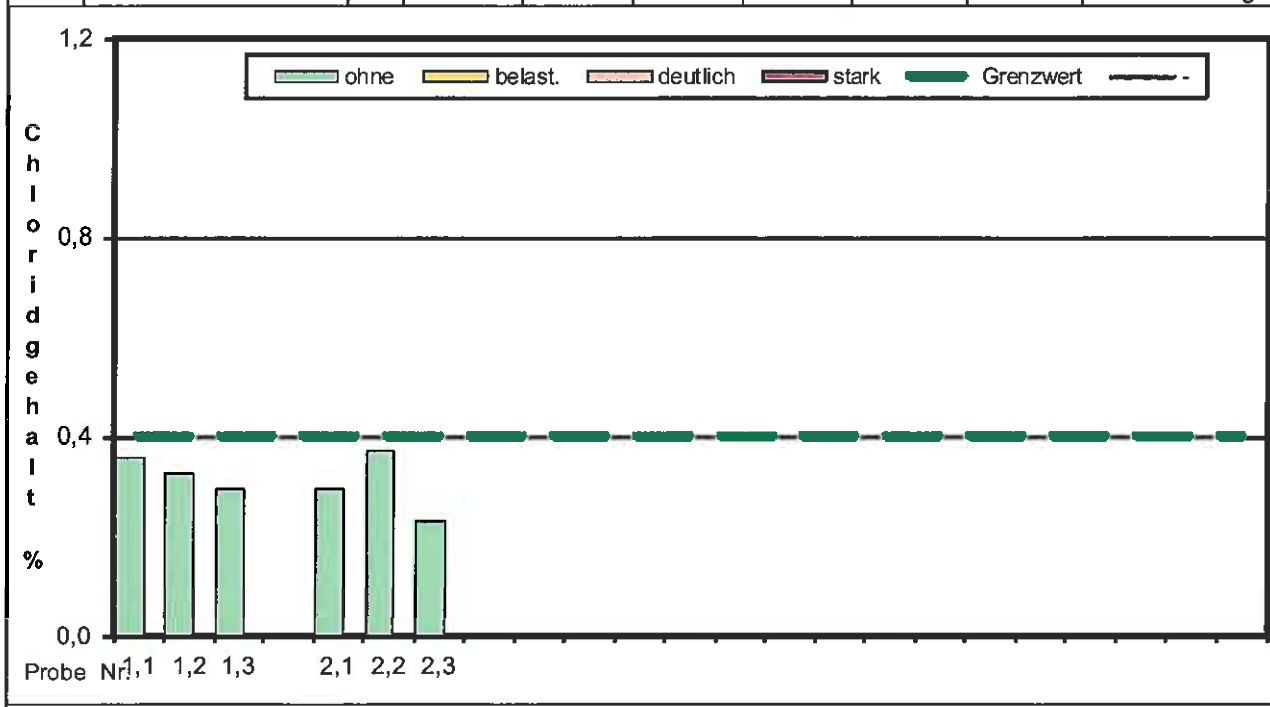
Baustelle: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost**

Entnahme: 10.06.2015

Bemerkung: Beton Altbestand unter Beschichtung: Sika Monotop AW

Gerät: LASA DR 3900

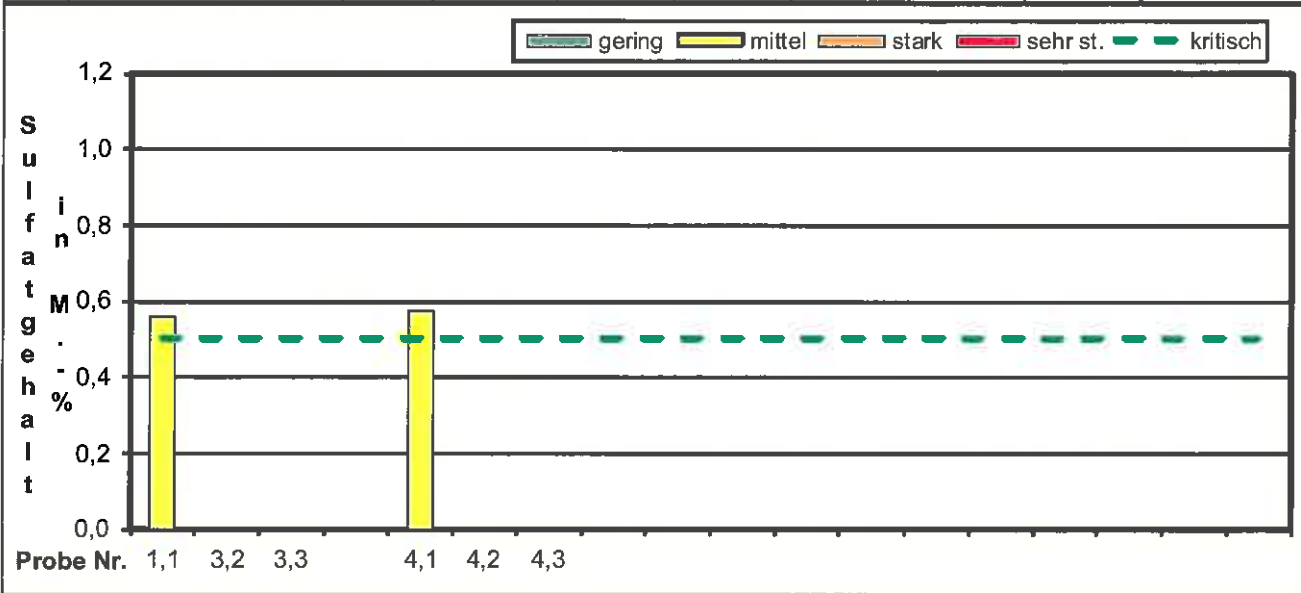
Lfd. Probe Nr.	Entnahmestelle Stellplatz Nr. Bauteil Pos.	H = cm	Lös.g:ml	25	Chloridgehalt		bez. auf Zement ¹⁾ 340 kg/m³	Belast- ungs- stufe ²⁾	Bemerkungen ¹⁾ Dichte Beton = 2380 kg/m³
			Bohrtiefe mm	Einw. ¹⁾ g	Lösung mg/ltr	Probe M. %			
1,1	Wandfläche CI1	131	0 - 20	2,0	40,8	0,05	0,4	0	
1,2	Behälter 2 Ost		20 - 40	2,0	36,9	0,05	0,3	0	
1,3	siehe Plan		40 - 60	2,0	33,5	0,04	0,3	0	
2,1	Wandfläche CI2	150	0 - 20	2,0	33,3	0,04	0,3	0	
2,2	Behälter 2 Ost		20 - 40	2,0	42,2	0,05	0,4	0	
2,3	siehe Plan		40 - 60	2,0	25,7	0,03	0,2	0	
									0,8
									x=nicht geprüft ²⁾ Belastung: 0 = ohne <0,4 1 = belastet <1 2 = deutlich <2 3 = stark >2
									0,4 6 Bm-Proben 6 CI-Prüfungen



Anlage 3

Gerät: LASA DR 3900

2) **Belastung:**
0 = gering
1 = mittel
2 = stark
3 = sehr stark





IBQ . Puchheimer Str. 13 . 82194 Gröbenzell bei München

Puchheimer Straße 13, 82194 Gröbenzell
Telefon 08142/8027, Fax 08142/8029
info@ibqmbh.de, www.ibqmbh.de

Markt Indersdorf
Bauamt
Marktplatz 1

Stadtparkasse München - BIC: SSKMDEMM
IBAN: DE5970150000001511222
HRB 80978 beim AG München - GF: Ernst Färber

85229 Markt-Indersdorf

Beton- und Asphaltprüfstelle (DIN 1045 - RAP Stra)
Erd-/Grundbaulabor, Sanierungsbegutachtung
Mitglied in: bup, DBV, VDB, BYIK Bau u.a.

Bericht Nr.: 328-14 05-MIndKLABehOstHz

vom: 24.06.2015

Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen

1. Angaben zum Auftrag vom 12.06.2015

Auftraggeber: **Markt Indersdorf Bauamt**
Ansprechpartner: Herr Erich Weisser Tel./Fax: 08136/934-200; Fax:-15
Baumaßnahme: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost**
Bauabschnitt: Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen
Anspr. Baust.: Herr Windeck (IB) Tel./Fax: 0172/820 26 96
Prüfauftrag: **Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen**
Prüfumfang: Hz1-16, Bk1-5 Ausführung: **16.06.2015**
Bemerkungen: Beschichtung: Sika Monotop AW

2. Vorgehensweise

Die IBQ wurde beauftragt, aus obigem Bauwerk aus der Spritmörtelschicht (SPCC) fünf Bohrkerne mit \varnothing ca. 50 mm zu entnehmen und in der Prüfstelle auf die Struktur, Druckfestigkeit und Rohdichte zu prüfen. Die Bohrkerne wurden gemäß Vorgabe des Sachverständigen stichprobenartig über die fertigen SPCC- Flächen an der Innen- und Außenwand des äußeren Belebungsbeckens verteilt und entnommen. Die ausgewählten Stellen zeigten vor der Probennahme keine durch Abklopfen erkennbaren Hohllagen auf. Die Entnahme der Bohrkerne erfolgte ständergeführt und wassergekühlt.

Bohrkern Bk1 riss bei der Entnahme in der Verbundfuge ab und bei Bohrkern Bk3 wurde im SPCC ein Spritzschatten vorgefunden. Diese beiden Bohrkerne wurden dem Sachverständigen für weitere Untersuchungen zur Verfügung gestellt.

Die Bohrkerne wurden in der Prüfstelle mit Fotos dokumentiert, die Schichten, deren Dicken und Struktur erfasst und in Anlage 2 grafisch dargestellt. Die Prüfkörper der Bohrkerne Bk1, Bk2 und Bk4 wurden, soweit möglich, auf Prüflänge ($H = \text{ca. } \varnothing = \text{ca. } 49 \text{ mm}$) gesägt, wobei ein Einschluss von Störstellen wie z.B. Lunker vermieden werden konnte. Es wurden hier sowohl der SPCC als auch der Bestandsbeton erfasst.

Die Prüfflächen wurden plangeschliffen, die Prüflinge gemessen, gewogen und auf Druckfestigkeit geprüft. Die Ergebnisse sind in Anlage 2 beigefügt.

Dabei ergab sich bei der **SPCC-Beschichtung** unter Berücksichtigung der Schlankheit der Prüflinge eine mittlere Druckfestigkeit von $28,5 \text{ N/mm}^2$, bei Einzelwerten von $26,1 \text{ N/mm}^2$ bei Bk2 bis $31,8 \text{ N/mm}^2$ bei Bk3.

Dieser Wert liegt unter der im Produktdatenblatt angegebenen "Soll"-Festigkeit von "ca. 55 N/mm²".

Der gemessene Mittelwert entspricht bei einer Einreihung in Druckfestigkeitsklassen einem C 25/30 nach EN 206 / DIN 1045, d.h. einem mittleren Konstruktionsbeton.

Die angeschnittenen Mantelflächen der untersuchten SPCC-Prüflinge zeigten nur einen geringen Porenanteil.

Die Rohdichte betrug 2,14 g/cm³ bei Bk4 bis 2,18 g/cm³ bei Bk2; im Mittel 2,16 g/cm³ und liegt somit nur knapp unterhalb des im technischen Datenblatt angegebenen Wertes von ca. 2,2 kg/l bzw. g/cm³ für die Rohdichte des Frischmörtels.

Beim Altbeton / Bestandsbeton ergab sich unter Berücksichtigung der Schlankheit der Probekörper eine mittlere Druckfestigkeit von 50,8 N/mm², bei Einzelwerten von 45,9 N/mm² bei Bk2 bis 59,0 N/mm² bei Bk3.

Der Bestandsbeton entspricht somit einem C 45/55 nach EN 206 / DIN 1045, d.h. einem hochwertigen Konstruktionsbeton.

Die Rohdichte betrug 2,21 g/cm³ bei Bk2 bis 2,32 g/cm³ bei Bk3; im Mittel 2,27 g/cm³ und liegt somit in einem für Normalbeton üblichen Bereich.

Die angeschnittenen Mantelflächen zeigten einen leicht porigen, sandigen Kiesbeton mit Korngrößen 0 / 32 mm. Die vorgefundene bläuliche Matrix dürfte auf die Verwendung von Schlacke-haltigem Zement (Metalloxide) zurückzuführen sein.

Die Bohrkerns sowie die Prüflinge sind in Anlage 3 mit Fotos belegt.

Das Produktdatenblatt des verwendeten SPCC- Materials wird beigelegt.

Zu Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung.

IBQ - Ingenieurgesellschaft für Baustoffprüfung
und Qualitätssicherung mbH

Dipl.-Ing.(FH) H. Grunwald i.A.

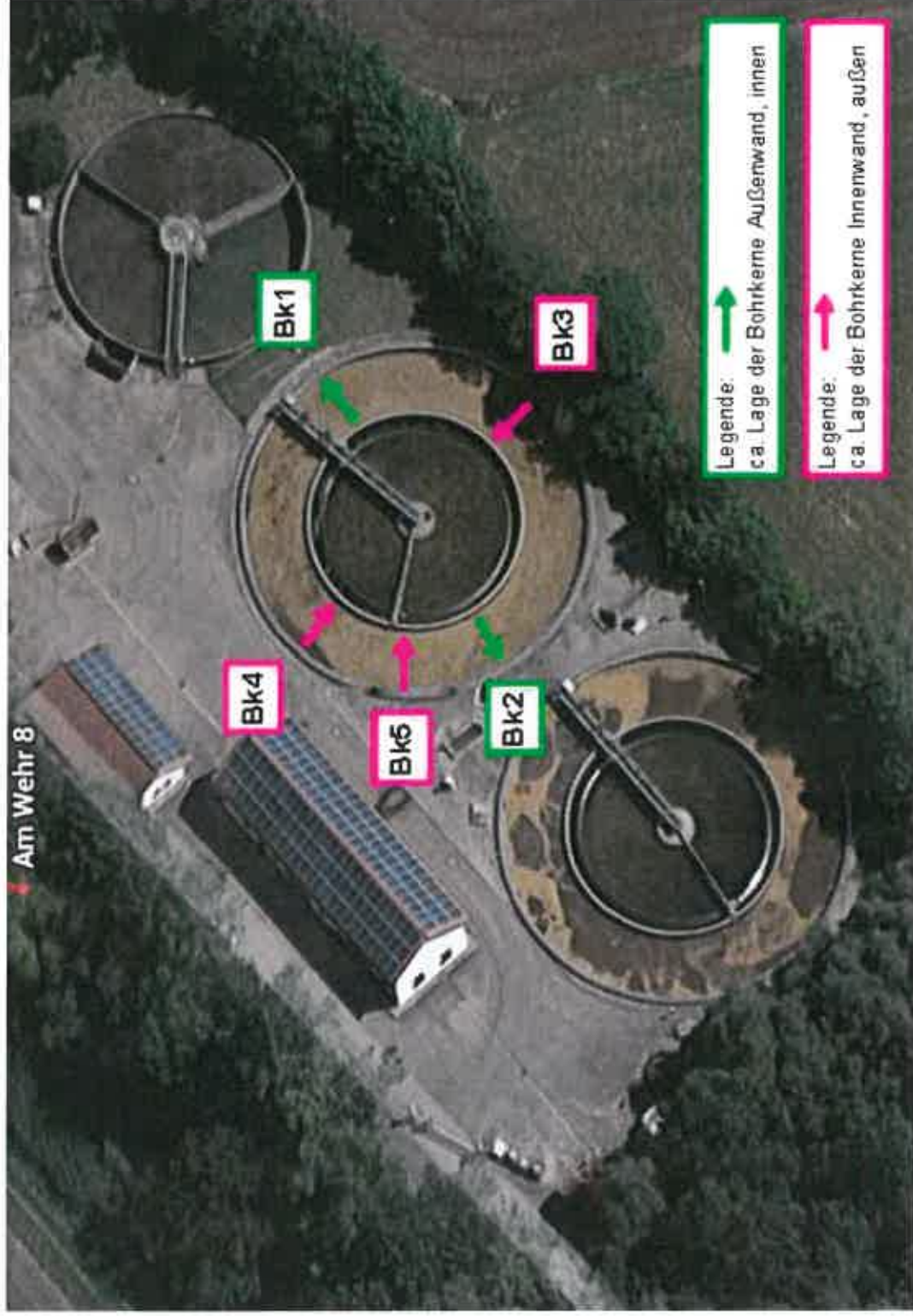


Anlagen

Anlage 1: Lage der Untersuchungsstellen

Anlage 2: Ergebniszusammenstellung

Anlage 3: Fotodokumentation



Legende:

Bk1 ⊗ = Entnahmestelle

Baustelle: Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost

Abschnitt: Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen

Lage der Untersuchungsstellen

Anlage 1

Datum: 16.06.2015

Maßstab: ohne

Untersuchung von Bohrkernen SPCC / Altbeton, Prüfung SPCC

Anlage 2.1

Auftraggeber: Markt Indersdorf Bauamt

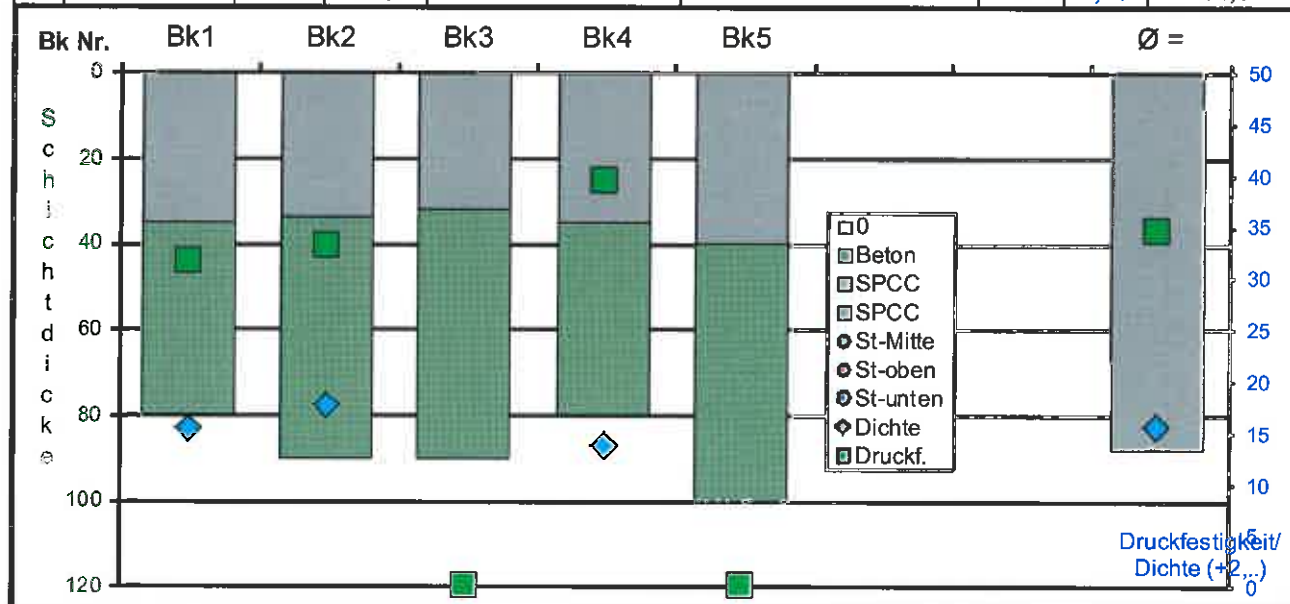
Baustelle: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost**

Entnahme: **16.06.2015**

Abschnitt: Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen

Prüfer: Lindner / Besic

Lfd. Nr.	Entnahme- stelle Position	Bk- Ø mm	gesamt mm g / mm	Schicht cm SPCC 2.Sch. SPCC 1.Sch.	Art, Struktur Beton mm	Bewehrung La-ge Ø mm Anzahl Tiefe mm	Ver- schluß Fe cm²	Bruchlast kN Druckfest. Dichte g/cm³
Bk 1	Behälter 2 Ost	49	80	35	45	o. m. u	nein N/mm²	59,4 31,5
		Gew.Pk	139,8	0/2,5	0/32			
		H Pk	34,5	l.porig	l.porig			2,153
Bk 2	Behälter 2 Ost	49	90	34	56	o. m. u	nein N/mm²	62,3 33,1
		Gew.Pk	111,6	0/2,5	0/32	-		
		H Pk	27,2	l.porig	l.porig	-		2,176
Bk 3	Behälter 2 Ost	49	90	32	58	o. m. u	nein N/mm²	an SV übergeben
		Gew.Pk		0/2,5	0/32	-		
		H Pk		l.-kaum porig	l.porig	-		
Bk 4	Behälter 2 Ost	49	80	35	45	o. m. u	nein N/mm²	74,2 39,4
		Gew.Pk	115,1	0/2,5	0/32	-		
		H Pk	28,6	kaum porig	l.porig	-		2,136
Bk 5	Behälter 2 Ost	49	100	40	60	o. m. u	nein N/mm²	an SV übergeben
		Gew.Pk		0/2,5	0/32	-		
		H Pk		kaum porig	l.porig	-		
5	Summe	L = mm	440,0				Ø = 2,16	34,6



Untersuchung von Bohrkernen SPCC / Altbeton, Prüfung Altbeton

Anlage 2 .2

Auftraggeber: Markt Indersdorf Bauamt

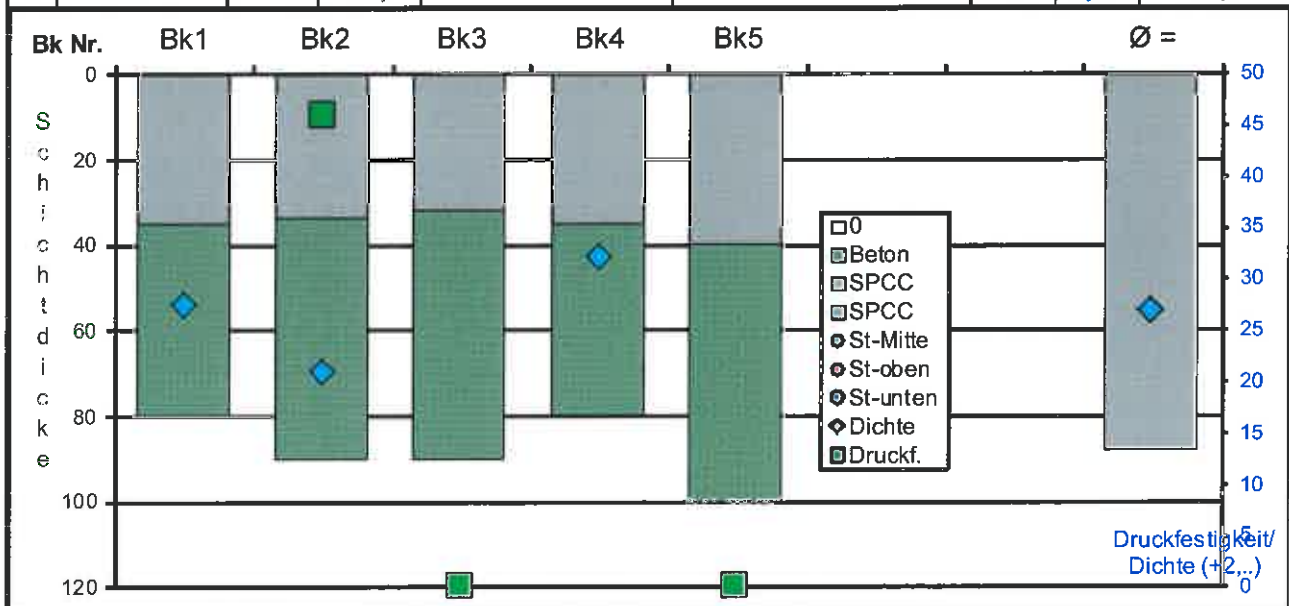
Baustelle: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost**

Entnahme: 16.06.2015

Abschnitt: Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen

Prüfer: Lindner / Besic

Lfd. Nr.	Entnahme- stelle Position	Bk- Ø mm	gesamt mm g / mm	Schicht cm SPCC 2.Sch. SPCC 1.Sch.	Art, Struktur Beton mm	Bewehrung Lage Ø Anzahl Tiefe	Ver- schluß Fe cm²	Bruchlast kN Druckfest. Dichte g/cm³
Bk 1	Behälter 2 Ost	49	80	35	45	o. m. u	nein N/mm²	97,2 51,6
		Gew.Pk	167,2	0/2,5	0/32			
		H Pk	39,0	l.porig	l.porig			2,275
Bk 2	Behälter 2 Ost	49	90	34	56	o. m. u	nein N/mm²	86,5 45,9
		Gew.Pk	204,0	0/2,5	0/32	-		
		H Pk	49,0	l.porig	l.porig	-		2,209
Bk 3	Behälter 2 Ost	49	90	32	58	o. m. u	nein N/mm²	an SV übergeben
		Gew.Pk		0/2,5	0/32	-		
		H Pk		l.-kaum porig	l.porig	-		
Bk 4	Behälter 2 Ost	49	80	35	45	o. m. u	nein N/mm²	117,4 62,3
		Gew.Pk	183,8	0/2,5	0/32	-		
		H Pk	42,0	kaum porig	l.porig	-		2,322
Bk 5	Behälter 2 Ost	49	100	40	60	o. m. u	nein N/mm²	an SV übergeben
		Gew.Pk		0/2,5	0/32	-		
		H Pk		kaum porig	l.porig	-		
5	Summe	L = mm	440,0				Ø = 2,27	53,3



UMRECHNUNG DER DRUCKFESTIGKEITEN:

Anlage 2.3

gemäß DIN EN 13791: Bohrkern $h/d = 1$ entspricht Würfelfestigkeit $f_{ck,cube}$ [N/mm²]

bei Bohrkernuntersuchungen aus dem Bauwerk / Bauteil darf die "Soll"-Festigkeit um 15% erniedrigt werden (Faktor 0,85)

Berücksichtigung der Schlankheit h/d über Faktor:

SPCC

Z	fck,gem. [N/mm ²]	d [mm]	h [mm]	d/h [-]	
Bk1 SPCC	31,5	49	34,5	1,420	
Bk2 SPCC	33,1	49	27,2	1,801	
Bk4 SPCC	39,4	49	28,6	1,713	
			Faktor 3		Bauwerk-Faktor 0,85
	fck, gem.	d/h	2+(d/h)	fck, cube	z.B. C30/37
Bk1 SPCC	31,5	1,42	0,877	27,6	31,5 N/mm ²
Bk2 SPCC	33,1	1,80	0,789	26,1	31,5 N/mm ²
Bk4 SPCC	39,4	1,71	0,808	31,8	31,5 N/mm ²
			im Mittel:	28,5	31,5 N/mm ²
Bsp.:	28,5 N/mm ² < 31,5 N/mm ² = 37 N/mm ² * 0,85				d.h. C25/30

Altbeton

Z	fck,gem. [N/mm ²]	d [mm]	h [mm]	d/h [-]	
Bk1 Altbeton	51,6	49	39	1,256	
Bk2 Altbeton	45,9	49	49	1,000	
Bk4 Altbeton	62,3	49	42	1,167	
			Faktor 3		Bauwerks-Faktor 0,85
	fck, gem.	d/h	2+(d/h)	fck, cube	z.B. C50/60
Bk1 SPCC	51,6	1,26	0,921	47,5	51,0 N/mm ²
Bk2 SPCC	45,9	1,00	1,000	45,9	51,0 N/mm ²
Bk4 SPCC	62,3	1,17	0,947	59,0	51,0 N/mm ²
			im Mittel:	50,8	51,0 N/mm ²
Bsp.:	50,8 N/mm ² < 51,0 N/mm ² = 60 N/mm ² * 0,85				d.h. C45/55

Anlage 3.1:
Foto-
dokumentation



Foto 1:
Ansicht Entnahmestelle Bk1



Foto 2:
Ansicht Entnahmestelle Bk2



Foto 3:
Ansicht Entnahmestelle Bk4

Anlage 3.2:
Foto-
dokumentation



Foto 4:

Ansicht Entnahmestelle Bk4



Foto 5:

Ansicht Entnahmestelle Bk5

**Anlage 3.3:
Foto-
dokumentation**



Foto 6:

Bohrkerne Bk1 bis Bk5, von
links nach rechts,
Seitenansicht, oben SPCC
Bk1: Abriss SPCC in
Verbundfuge zum Altbeton
Bk3: Spritzschatten im SPCC
erkennbar



Foto 7:

Bohrkerne Bk1 bis Bk5, von
links nach rechts, schräg von
vorne, unten SPCC
Bk1: Abriss SPCC in
Verbundfuge zum Altbeton
Bk3: Spritzschatten im SPCC
erkennbar



Foto 8

Aus den Bohrkerne Bk1, Bk2
und Bk4 herausgearbeitete
Prüflinge, oben SPCC und
unten Altbeton



IBQ, Puchheimer Str. 13, 82194 Gröbenzell bei München

Puchheimer Straße 13, 82194 Gröbenzell
Telefon 08142/8027, Fax 08142/8029
info@ibqmbh.de, www.ibqmbh.de

Markt Indersdorf
Bauamt
Marktplatz 1

Stadtparkasse München - BIC: SSKMDEMM
IBAN: DE5970150000001511222
HRB 80978 beim AG München - GF: Ernst Färber

85229 Markt-Indersdorf

Beton- und Asphaltprüfstelle (DIN 1045 - RAP Stra)
Erd-/Grundbaulabor, Sanierungsbegutachtung
Mitglied in: bup, DBV, VDB, BYIK Bau u.a.

Bericht IBQ-Nr.: 328-14 05-MIndKLABehOstHz

vom: 26.06.2015

Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen

1. Angaben zum Auftrag vom 12.06.2015

Auftraggeber:	Markt Indersdorf Bauamt	
Ansprechpartner:	Herr Erich Weisser	Tel./Fax: 08136/934-200; Fax:-1
Baumaßnahme:	Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost	
Bauabschnitt:	Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen	
Anspr. Baust.:	Herr Windeck (IB)	Tel./Fax: 0172/820 26 96
Prüfauftrag:	Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen	
Prüfumfang:	H21-16, Bk1-5	Ausführung: 16.06.2015
Bemerkungen:	Beschichtung: Sika Monotop AW	

2. Bemerkungen zur Untersuchung

Die IBQ wurde beauftragt, an obigem Instandsetzungsvorhaben die Verbundhaftung vom in zwei Lagen aufgetragenen Spritzmörtel (SPCC) zum Altbeton im Belebungsbecken 2 Ost an der Innenseite der Außenwand und an der Außenseite der Innenwand zu ermitteln. Es wurde ca. 0,5 m vom Schadensrand bzw. in der Fläche neben bereits abgefallenen / nach Hohllage entfernten SPCC-Flächen im Bereich von intakten SPCC-Flächen (Schadensbild SB1) sowie im Bereich einer sich abgelösten 2.SPCC Schicht von der 1.SPCC Schicht (Schadensbild SB2), jeweils ca. 0,5 m vom Schadensrand bzw. in der Fläche untersucht. Der Lageplan dieser Untersuchungsstellen ist in Anlage 1.1 abgebildet. An vier Stellen wurde zusätzlich die Abreissfestigkeit des Altbetons geprüft, siehe Anlage 1.2.

Nach dem Abtrocknen der ständergeführten und wassergekühlten Kernbohrungen Ø 50 mm (separate Prüftermine) wurden die Prüfstempel (Ø 50 mm, Dicke >25 mm) nach dem Vorbereiten des Untergrundes aufgeklebt und nach dem Aushärten des Spezialklebers (PUR - MC Quicksolid) mit einem kalibrierten Haftzuggerät abgezogen.

Die Einzelergebnisse nach der Reihenfolge ohne Mittelwerte können mit der Art des Bruches den Messprotokollen der Anlage 2 entnommen werden. In der Anlage 3.1 sind die Messergebnisse nach den Schadensbildern einzeln und gemeinsam dargestellt bzw. ausgewertet, in Anlage 3.2 die Abreissfestigkeit des Altbetons.

In der Fotodokumentation (Anlage 4) sind die 16 durchgeführten Haftzüge mit ihren Bruchbildern belegt.

Die erreichten Einzelwerte der am **SPCC** geprüften Verbundhaftung erfüllten lediglich an drei der elf gewerteten Messstellen die Anforderungen an die Einzelwerte mit mindestens $1,0 \text{ N/mm}^2$.

Weder der Mittelwert der Abreissfestigkeiten des Schadensbildes SB1 mit $0,91 \text{ N/mm}^2$ noch des Schadensbildes SB2 mit $0,54 \text{ N/mm}^2$ noch der gemeinsamen Auswertung beider Schadensbilder SB1 und SB2 zusammen mit $0,71 \text{ N/mm}^2$ erfüllen die o.g. Anforderungen an den Mittelwert nach RL-SIB von mindestens $1,0 \text{ N/mm}^2$ bzw. $1,5 \text{ N/mm}^2$ für den Auftrag eines Mörtels / Betons (Tabelle 2.3, Zeile 1), siehe Anlage 3.1.

Somit kann kein ausreichender Verbund der SPCC-Schale am Altbeton gemäß RL-SIB nachgewiesen werden.

Beim Haftzug Hz 14 trat ein Adhäsionsbruch zwischen Kleber und der geprüften SPCC-Schicht auf und wird somit verworfen. Die geplante Nachprüfung konnte aufgrund der zeitgleichen Beschichtungsarbeiten am Boden nicht ausgeführt werden.

Haftzug Hz6 riss bereits nach dem Aufsetzen des Haftzuggerätes beim Start der Messung ohne Messwert ab: für die Bewertung wurde hier $0,01 \text{ N/mm}^2$ angesetzt.

Der **Altbeton** (unter bereits entfernten Hohllagen) erfüllt mit Einzelwerten zwischen $1,48 \text{ N/mm}^2$ und $3,10 \text{ N/mm}^2$ die o.g. Anforderungen an die Einzelwerte sowie mit $2,35 \text{ N/mm}^2$ deutlich die o.g. Anforderung an den Mittelwert und kann daher als ausreichend tragfähig eingestuft werden.

Beim Haftzug Hz4 trat der Bruch im Bereich eines Lunkers im Altbeton auf.

Die Untersuchungsstellen sowie die zum Bohren notwendigen Dübel verblieben auftragsgemäß im Bauwerk.

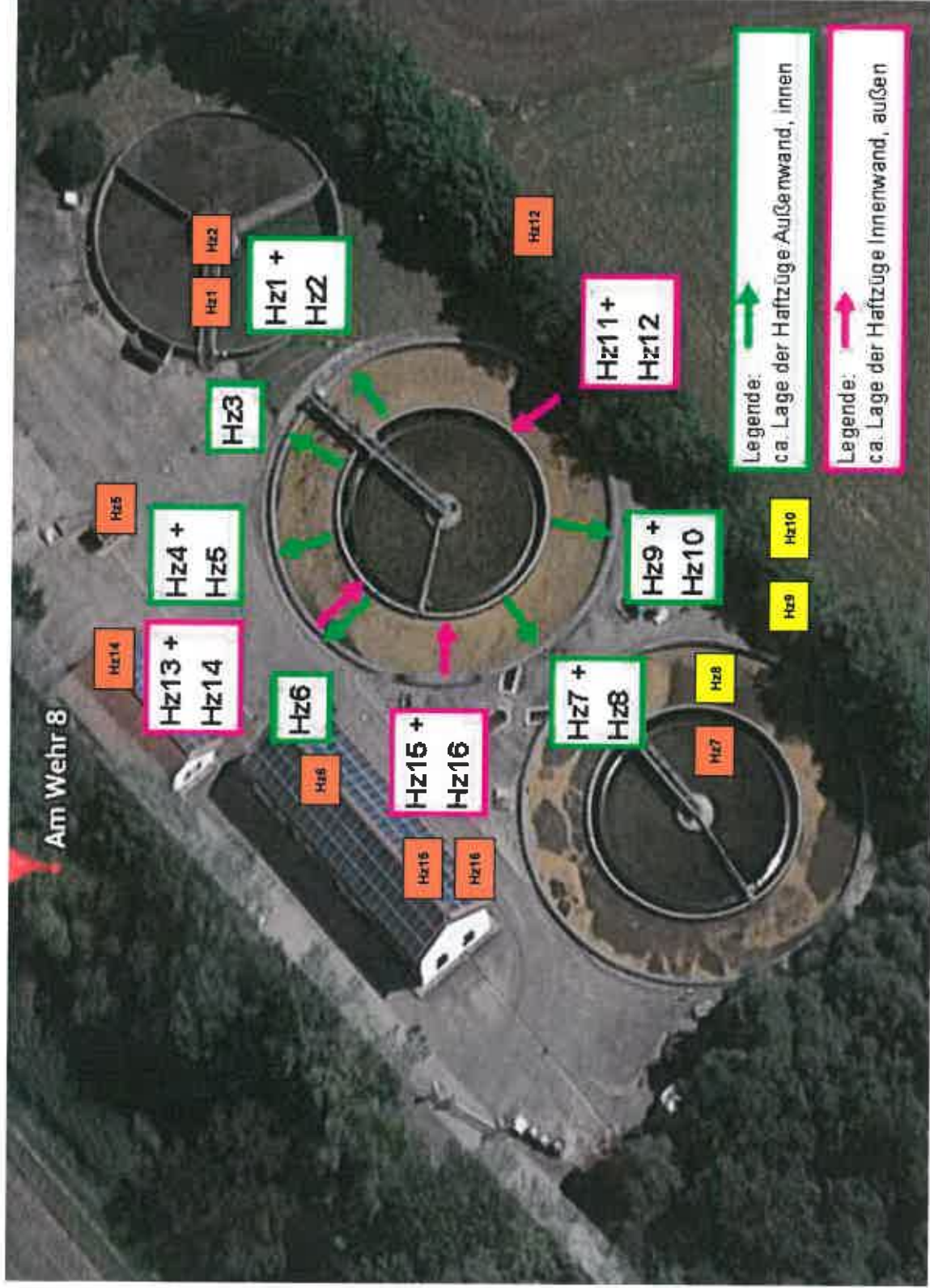
Die für die Dokumentation hergestellten Fotodateien sowie die nach den Prüfungen von den Stempeln abgeschlagenen Haftzugs-Prüflinge werden dem Sachverständigen übergeben.

Zu Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung.

**IBQ - Ingenieurgesellschaft für Baustoffprüfung
und Qualitätssicherung mbH**

Dipl.-Ing. (FH) H. Grunwald i.A.





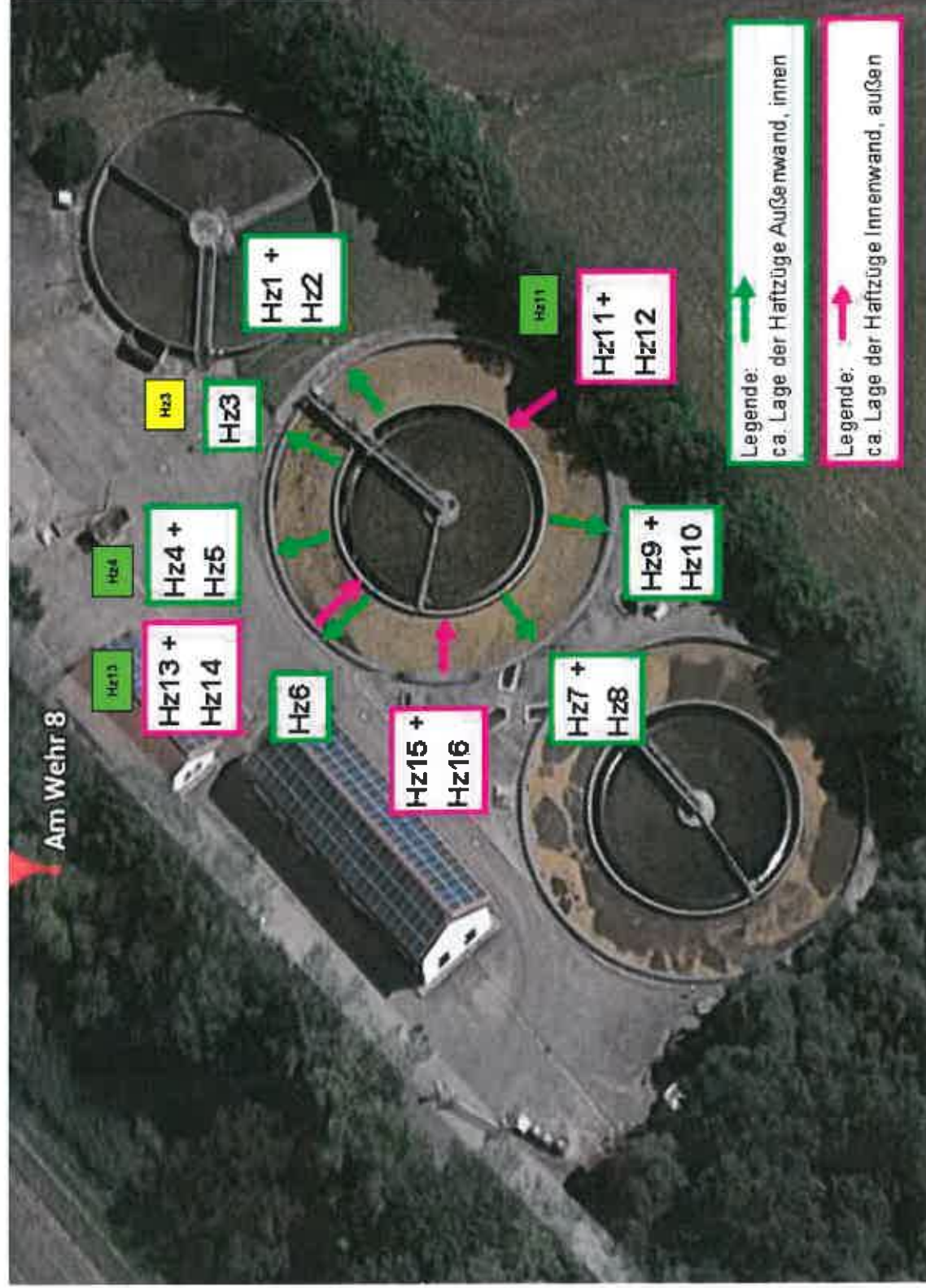
Legende: Hzx = Haftzug > = 1,5 Hzx = 1,0-1,5 Hzx < 1,0 N/mm²

Baustelle: Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost

Abschnitt: Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen

Anlage 1.1

Datum: 16.06.2015
Maßstab: ohne



Legende:

Hzx = Haftzug > = 1,5
Hzx = 1,0-1,5
Hzx < 1,0 N/mm²

Lage der Untersuchungsstellen mit erreichten Abreissfestigkeiten am Altbeton

Anlage 1.2

Baustelle:
Abschnitt:

Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost
Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen

Datum: 16.06.2015
Maßstab: ohne

Oberflächen-/Haftzugfestigkeit DIN 1048 / EN 1542

Anlage 2.1

Auftraggeber: Markt Indersdorf Bauamt

Prüfdatum: **16.06.2015**

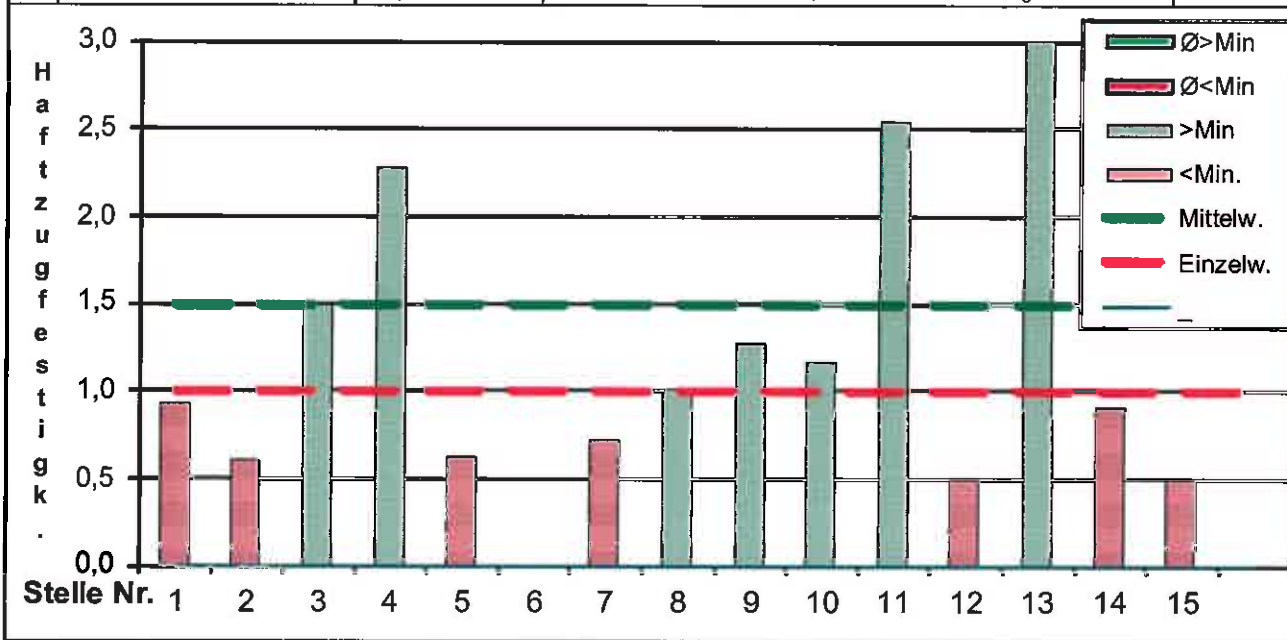
Baustelle: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost**

Prüfer: Lindner / Besic

Gerät/Stempel: Freundl F10 D Easy M, Ø 50 mm, 100 N/s

Temp./Kleber >10 °C MCQuicksolid

Lfd. Pr. Nr.	Entnahmestelle Meßstelle Stelle	Einzel- Mittel- N/mm²	Bohrg mm Schicht	Bruchart in % der Bruchfläche								Min: 1,0 1,5 Bem.
				Kohäsion = in Schicht				Adhäsion =zw. Schichten				
				Altbeton	SPCC 1.Sch.	SPCC 2.Sch.	Kleber	Altbeton	SPCC 1.Sch.	SPCC 2.Sch.	Kleber	
1	Behälter 2 Ost											
1	Hz 1	0,93	ja	20	80							SB1
2	Hz 2	0,60	ja	0				100				SB2
3	Hz 3	1,48	ja	100								Altbeton
4	Hz 4	2,27	ja	100								Alt. Lunker
5	Hz 5	0,62	ja	0				100				SB2
6	Hz 6	0,01	ja	0				100				SB2, abgefall
7	Hz 7	0,72	ja	10				90				SB1
8	Hz 8	1,00	ja	0				100				SB2
9	Hz 9	1,27	ja	20				80				SB1
10	Hz 10	1,16	ja	10				90				SB1
11	Hz 11	2,54	ja	100								Altbeton
12	Hz 12	0,49	ja	0	100							SB2
13	Hz 13	3,10	ja	100								Altbeton
14	Hz 14	0,90	ja	0						100		SB2
15	Hz 15	0,49	ja	0				100				SB1
			0,0 = Min.	Schicht SPCC Flächen: SB1, SB2 und Altbetonuntergrund								



Oberflächen-/Haftzugfestigkeit DIN 1048 / EN 1542

Anlage 2.2

Auftraggeber: Markt Indersdorf Bauamt

Prüfdatum: 16.06.2015

Baustelle: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost**

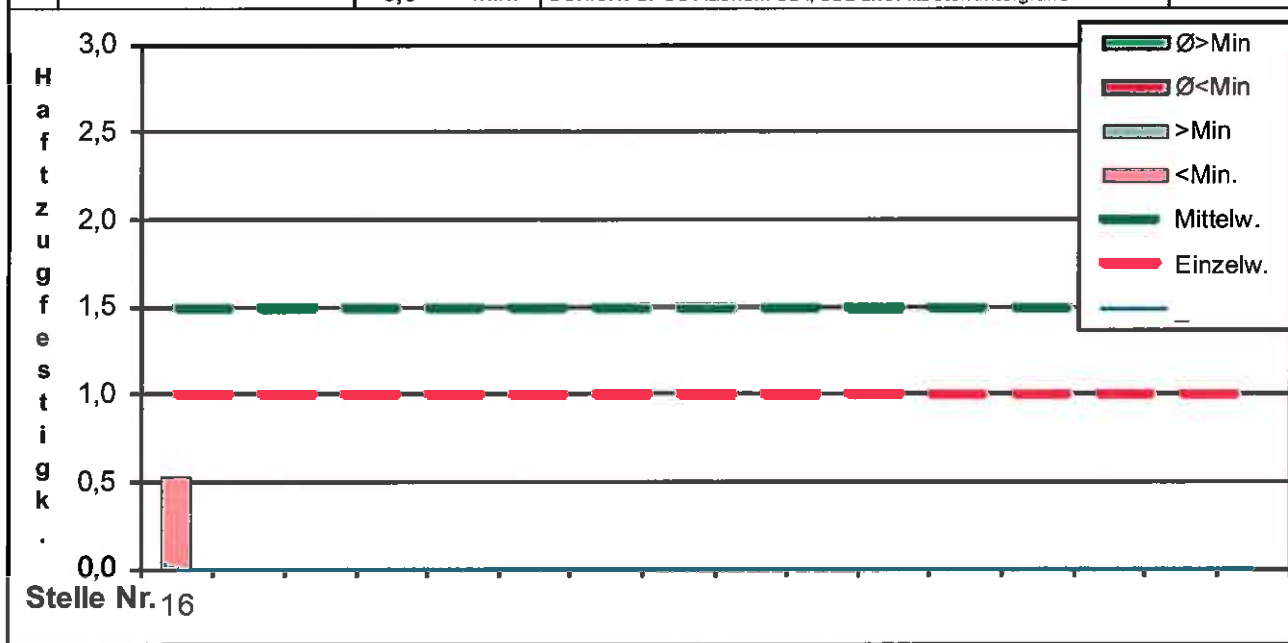
Prüfer: Lindner / Besic

Gerät/Stempel: Freundl F10 D Easy M, Ø 50 mm, 100 N/s

Temp./Kleber >10 °C

MCQuicksolid

Lfd. Pr. Nr.	Entnahmestelle		Einzel- Mittel- N/mm²	Bohr- mm	Bruchart in % der Bruchfläche								Min:					
	Meßstelle	Pos.			Kohäsion = in Schicht				Adhäsion =zw. Schichten									
					Schicht	Altbeton	SPCC 1.Sch.	SPCC 2.Sch.	Kleber	Altbeton	SPCC 1.Sch.	SPCC 2.Sch.		Kleber				
1	Behälter 2 Ost																	1,0
																		1,5
16	Hz 16		0,52	ja	0					100								Bem.
														</				



Oberflächen-/Haftzugfestigkeit DIN 1048 / EN 1542

Anlage 3.1

Auftraggeber: Markt Indersdorf Bauamt

Prüfdatum: **16.06.2015**

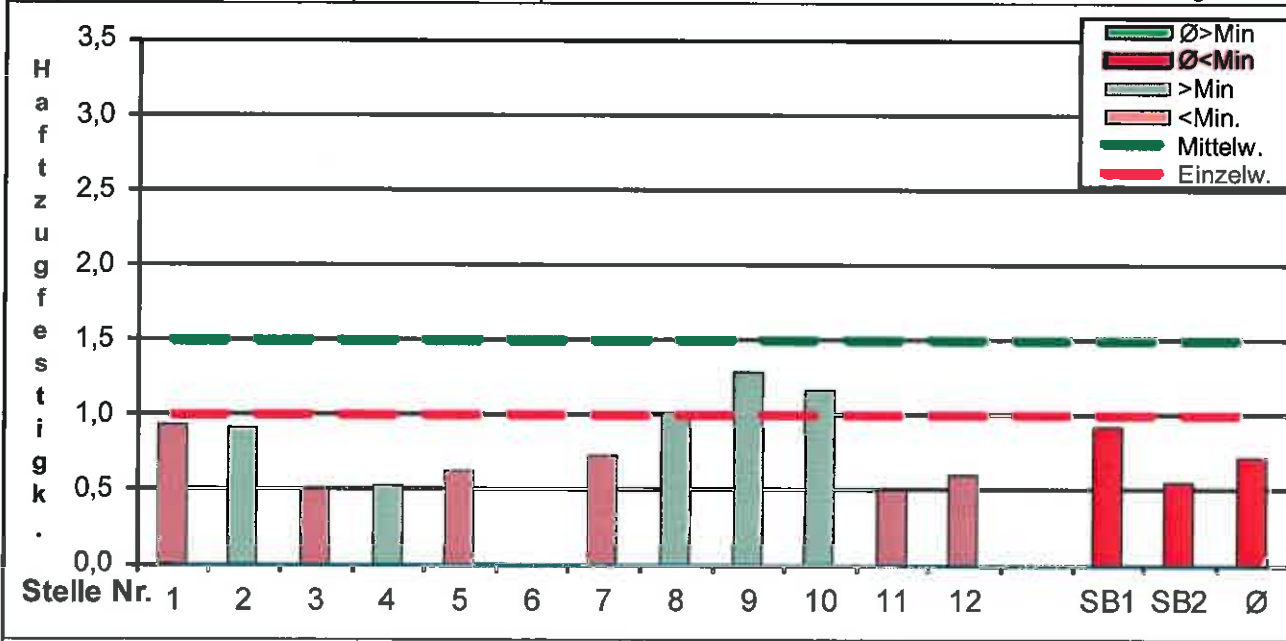
Baustelle: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost**

Prüfer: Lindner / Besic

Gerät/Stempel: Freundl F10 D Easy M, Ø 50 mm, 100 N/s

Temp./Kleber >10 °C MCQuicksolid

Lfd. Pr. Nr.	Entnahmestelle Meßstelle Stelle Pos.	Einzel- Mittel- N/mm²	Bohrgr mm	Bruchart in % der Bruchfläche								Min:
				Kohäsion = in Schicht				Adhäsion = zw. Schichten				1,0
			Schicht	Altbeton	SPCC 1.Sch.	SPCC 2.Sch.	Kleber	Altbeton	SPCC 1.Sch.	SPCC 2.Sch.	Kleber	1,5
1	Behälter 2 Ost, Spritzmörtel											Bem.
1	AW BB Hz1	0,93	ja	20	80							SB1
2	IW BB Hz14	(0,9)	ja	0						100		SB2
3	IW BB Hz15	0,49	ja	0				100				SB1
4	IW BB Hz16	0,52	ja	0				100				SB2
5	AW BB Hz5	0,62	ja	0				100				SB2
6	AW BB Hz6	0,01	ja	0				100				SB2, abgefall
7	AW BB Hz7	0,72	ja	10				90				SB1
8	AW BB Hz8	1,00	ja	0				100				SB2
9	AW BB Hz9	1,27	ja	20				80				SB1
10	AW BB Hz10	1,16	ja	10				90				SB1
11	IW BB Hz12	0,49	ja	0	100							SB2
12	AW BB Hz2	0,60	ja	0				100				SB2
SB1	Mittelwert SB1:	0,91			wird nicht gewertet,da Adhäsionsbruch zwischen Kleber und SPCC,							
SB2	Mittelwert SB2:	0,54			Nachprüfung war wegen Bodenbeschichtungsarbeiten nicht möglich							
Ø	Mittelwert:	0,71	0,0 = Min.	Schicht: SPCC Flächen mit SB1 + SB2 an IW und AW Belegung								



Oberflächen-/Haftzugfestigkeit DIN 1048 / EN 1542

Anlage 3.2

Auftraggeber: Markt Indersdorf Bauamt

Prüfdatum: **16.06.2015**

Baustelle: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8, Behälter 2 Ost**

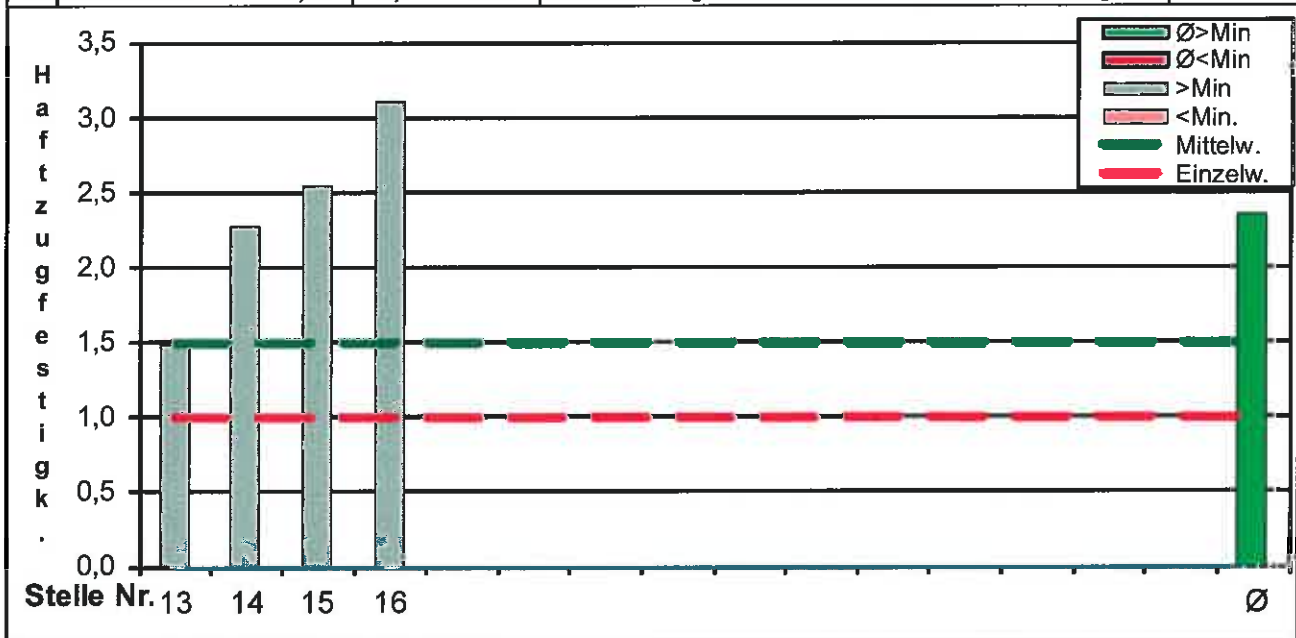
Prüfer: Lindner / Besic

Gerät/Stempel: Freundl F10 D Easy M, Ø 50 mm, 100 N/s

Temp./Kleber >10 °C

MCQuicksolid

Lfd.	Entnahmestelle	Einzel-	Bohrgr	Bruchart in % der Bruchfläche								-	Min:
Pr.	Meßstelle	Mittel-	mm	Kohäsion = in Schicht				Adhäsion = zw. Schichten					1,0
Nr.	Stelle	Pos.	N/mm²	Schicht	Altbeton	SPCC 1.Sch.	SPCC 2.Sch.	Kleber	Altbeton	SPCC 1.Sch.	SPCC 2.Sch.	Kleber	1,5
1	Behälter 2 Ost, Spritzmörtel												Bem.
13	AW BB Hz3	1,48	ja		100								Altbeton
14	AW BB Hz4	2,27	ja		100								Altbeton Lunker
15	IW BB Hz11	2,54	ja		100								Altbeton
16	IW BB Hz13	3,10	ja		100								Altbeton
Ø	Mittelwert:	2,35	1,5	= Min.	Schicht: freiliegender Altbeton an IW und AW Belegung								





Anlage 4.1:
Foto-
dokumentation

Foto 1

exemplarisch: Ansicht Lage
Hz1 (Schadensbild SB2)
oben und Hz2 unten
(Schadensbild SB1)



Foto 2

exemplarisch: aufgeklebter
Haftzugstempel Hz1



Foto 3

exemplarisch: abgezogener
Haftzugstempel Hz1 mit
erreichter Haftzugfestigkeit
(Verbund SPCC/Altbeton)
von 0,93 N/mm²



Anlage 4.2:
Foto-
dokumentation

Foto 4

Ansicht Hz-Stempel Hz2, Hz1
und Hz9, von links nach rechts



Foto 5

Ansicht Hz-Stempel Hz4, Hz5
und Hz6, von links nach rechts



Foto 6

Ansicht Hz-Stempel Hz3, Hz7
und Hz8, von links nach rechts

Anlage 4.3:
Foto-
dokumentation



Foto 7

Ansicht Hz-Stempel Hz10,
Hz11 und Hz12, von links nach
rechts



Foto 8

Ansicht Hz-Stempel Hz13,
Hz14, Hz15 und Hz16, von
links nach rechts

A16

PROTOKOLL - Haftzugfestigkeitsprüfung

nach DafStb - Richtlinie Schutz und Instandhaltung von Betonbauteilen Teil 3 (2001-10)

Datum	30.07.2015
Auftraggeber	Markt Indersdorf
Ort	Klärwerk Markt Indersdorf, Am Wehr 8
Bauteil	Kombibecken Ost, Äußere Behälterwand Belebungsbecken
Oberfläche	4x4 m2 Probefläche Spritzmörtel, Prüfalter: 8d
Prüfung	Verbund des 2-lagigen Spritzmörtels auf Betonuntergrund
Witterung	Sonnig
Prüfer	Dipl.-Ing. Jürgen Schubert

Anzahl der Prüfungen	6							
Säubern der Prüfflächen	Oberfläche angeschliffen, Entfernen des Nachbehandlungsmittels							
Tiefe der Nut	ca. 40 mm mit Flex vorgeschnitten							
Prüfstempel <input type="checkbox"/>	Kantenlänge 50 mm							
Kleber	MC Quicksolid, 2 Komponenten							
Erhärtung des Klebers [min]	Probe	Hz1	Hz2	Hz3	Hz4	Hz5	Hz6	
	Zeit [min]	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	
Laststeigerung des autom. Haftzuggerät Proceq DYNA DY-216	0,05 N/mm² bzw. 100 N/s							

Prüfungen Nr.	Untergrund	Lage Prüfstelle	Haftzugfestigk. [N/mm²]	Bruchform	gültig
Hz 1 (Foto 5*)	Spritzmörtel	Viertel unten links	2,05	60%A / 40%B	✓
Hz 2 (Foto 17*)		Viertel unten rechts	2,35	100% C	✓
Hz 3 (Foto 7*)		Viertel unten links	2,07	B-C	✓
Hz 4 (Foto 13*)		Viertel unten rechts	2,67	40%A / 60 %B	✓
Hz 5 (Foto 24*)		Viertel oben links	2,06	B-C	✓
Hz 6 (Foto 25*)		Viertel oben rechts	1,51	B-C	✓
Ungültige Prüfungen	keine	Grund:	---		
Püfungen für Mittelwerts-Berechnung	Hz1 bis Hz 6				

Mittelwert f_{ct,b} [N/mm²]	2,12
kleinster Einzelwert f_{ct,b} [N/mm²]	1,51

Anmerkung: A: Betonuntergrund
B: 1. Lage Spritzmörtel
C: 2. Lage Spritzmörtel
Y: Klebeschicht

*) Angaben Fotos unter „Prüfungs-Nr.“ bezieht sich auf die Aktennotiz Wiegrink vom 30.7.

30.07.2015
Datum


Dipl.-Ing. J. Schubert
Prüfer



HZ 1: 2,05 N/mm²

Bruchbild:
Altbeton-Spritzmörtel

Untergrundvorbereitung:
+ 5 mm HDWS-Abtrag

Nachbehandlung:
nass



HZ 2: 2,35 N/mm²

Bruchbild:
Oberflächennaher Bruch in 2.
Spritzmörtellage

Untergrundvorbereitung:
Kein zusätzlicher HDWS-Abtrag

Nachbehandlung:
nass

HZ 3: 2,07 N/mm²

Bruchbild:
Innerhalb Spritzmörtel

Untergrundvorbereitung:
+ 5 mm HDWS-Abtrag

Nachbehandlung:
nass



HZ 4: 2,67 N/mm²

Bruchbild:
Altbeton-Spritzmörtel

Untergrundvorbereitung:
Kein zusätzlicher HDWS-Abtrag

Nachbehandlung:
nass



HZ 5: 2,06 N/mm²

Bruchbild:
Innerhalb Spritzmörtel

Untergrundvorbereitung:
+ 5 mm HDWS-Abtrag

Nachbehandlung:
Mit NB-Mittel







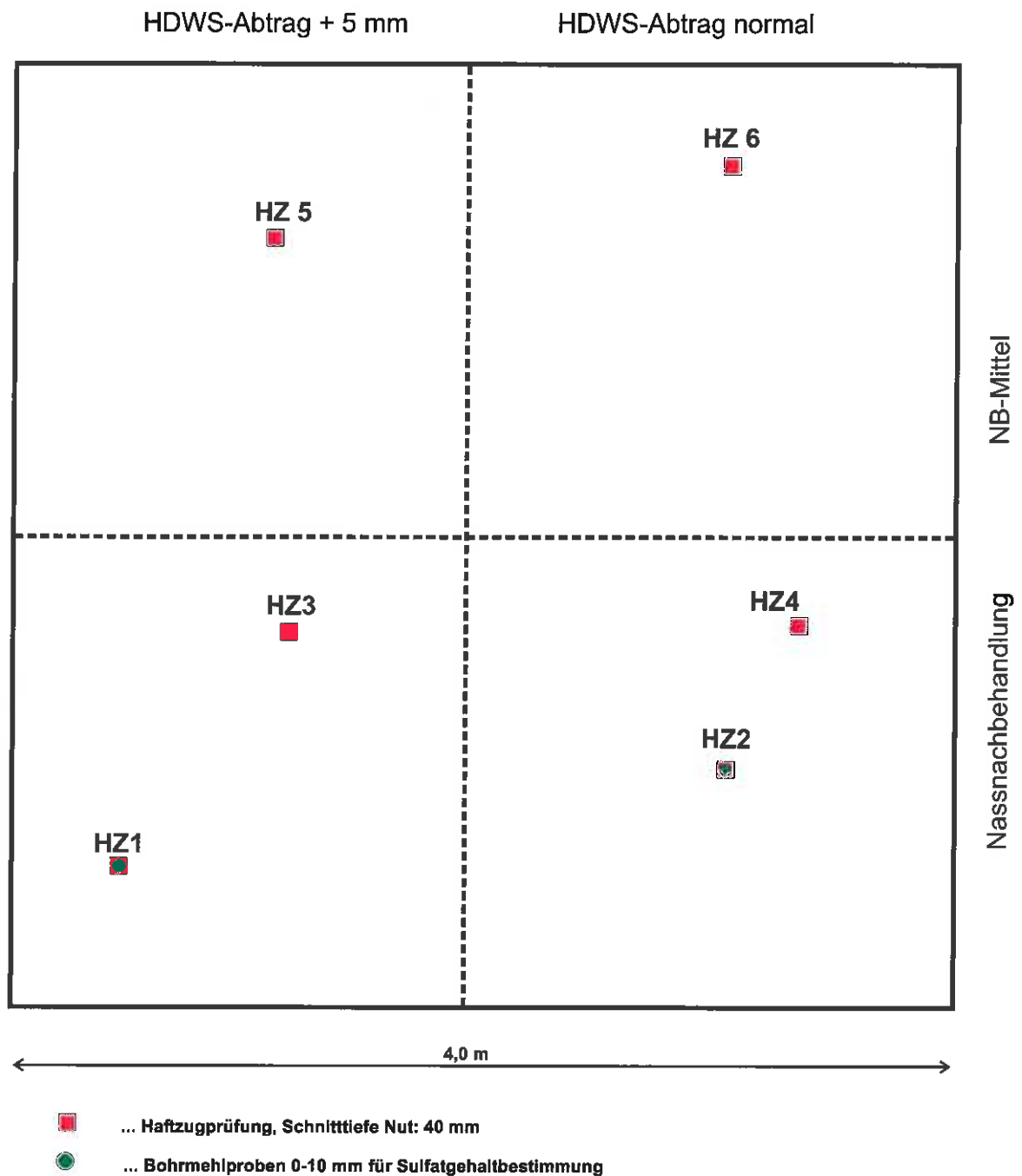
HZ 6: 1,51 N/mm²

Bruchbild:
Innerhalb Spritzmörtel

Untergrundvorbereitung:
Kein zusätzlicher HDWS-Abtrag

Nachbehandlung:
Mit NB-Mittel

Untergrund nach dem HDW-Strahlen	Bruchfläche Haftzugprüfung
	
Foto 5 im Protokoll Wiegrink	HZ2: 2,35 N/mm ²
	
Foto 13 im Protokoll Wiegrink	HZ4: 2,67 N/mm ²



Probefläche Instandsetzung Becken Ost
Belebungsbecken / Außenwand Nord
Lage der Haftzugprüfungen vom 30.7.2015

Planegg / 31.7.2015

M. Plannerer
Dr.-Ing. markus Plannerer



IBQ, Puchheimer Str. 13, 82194 Gröbenzell bei München

Puchheimer Straße 13, 82194 Gröbenzell
Telefon 08142/8027, Fax 08142/8029
info@ibqmbh.de, www.ibqmbh.de

Markt Indersdorf
Bauamt
Marktplatz 1

Stadtparkasse München - BIC: SSKMDEMM
IBAN: DE5970150000001511222
HRB 80978 beim AG München - GF: Ernst Färber

85229 Markt-Indersdorf

Beton- und Asphaltprüfstelle (DIN 1045 - RAP Stra)
Erd-/Grundbaulabor, Sanierungsbegutachtung
Mitglied in: bup, DBV, VDB, BYIK Bau u.a.

Bericht IBQ-Nr.: 328-14 09-M_IndersKLAHz

vom: 02.09.2015

Haftzugfestigkeit von Beschichtung auf Betonbauteilen

1. Angaben zum Auftrag vom 31.08.2015

Auftraggeber: **Markt Indersdorf Bauamt**
Ansprechpartner: Herr Erich Weisser Tel./Fax: 08136/934-200; Fax:-1
Baumaßnahme: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8**
Bauabschnitt: Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen
Anspr. Baust.: Dr. Markus Plannerer Tel./Fax: 0173/9827880
Prüfauftrag: **Haftzugfestigkeit mit Nass-Vorbohren und Trocknen**
Prüfumfang: Hz15 - Hz22: $\varnothing = 5 \text{ cm}$ Ausführung: **01.09.2015**
Bemerkungen: Beschichtung: Sika Monotop AW

2. Bemerkungen zur Untersuchung

Die IBQ wurde beauftragt, an obigem Bauvorhaben die Haftzugfestigkeit der mineralischen Beschichtung zu ermitteln. Die Untersuchungsstellen wurden vom Auftraggeber in dem Probefeld festgelegt (Anlage 1). Die Prüfstempel ($\varnothing 50 \text{ mm}$, Dicke $> 25 \text{ mm}$) wurden ca. 5 Stunden nach dem Nass-Vorbohren und Abtrocknen mit einem Kernbohrer $\varnothing 50 \text{ mm}$ aufgeklebt und nach dem Aushärten des Spezialkleber (PUR - MC Quicksolid) mit einem kalibrierten Haftzuggerät abgezogen.

Die Einzelergebnisse können mit der Art des Bruches dem Messprotokoll (Anlage 2) entnommen werden, siehe auch Fotodokumentation in der Anlage 3.

Mit Ausnahme von Hz22 (siehe unten) wurde die Anforderung für den Einzelwert gemäß Vorgabe von $> 1,0 \text{ N/mm}^2$ an allen Stellen erfüllt, ebenso wie der Mindestwert von $1,5 \text{ N/mm}^2$ für den (2-er-) Mittelwert der übrigen Musterflächen.

Bei Hz22 ist das Bruchbild identisch mit 5 weiteren Stempeln mit 100 % Bruch in der mineralischen Beschichtung, die Haftzugfestigkeit wurde aber nur mit $0,16 \text{ N/mm}^2$ gemessen. Der Nachbarstempel Hz21 mit gleichem Untergrund brachte $1,16 \text{ N/mm}^2$. Es ist bei diesem großen Unterschied anzunehmen, dass hier trotz Sorgfalt durch Verkanten bereits beim Bohren ein Anbruch erzeugt wurde und dieses Ergebnis somit nicht relevant ist.

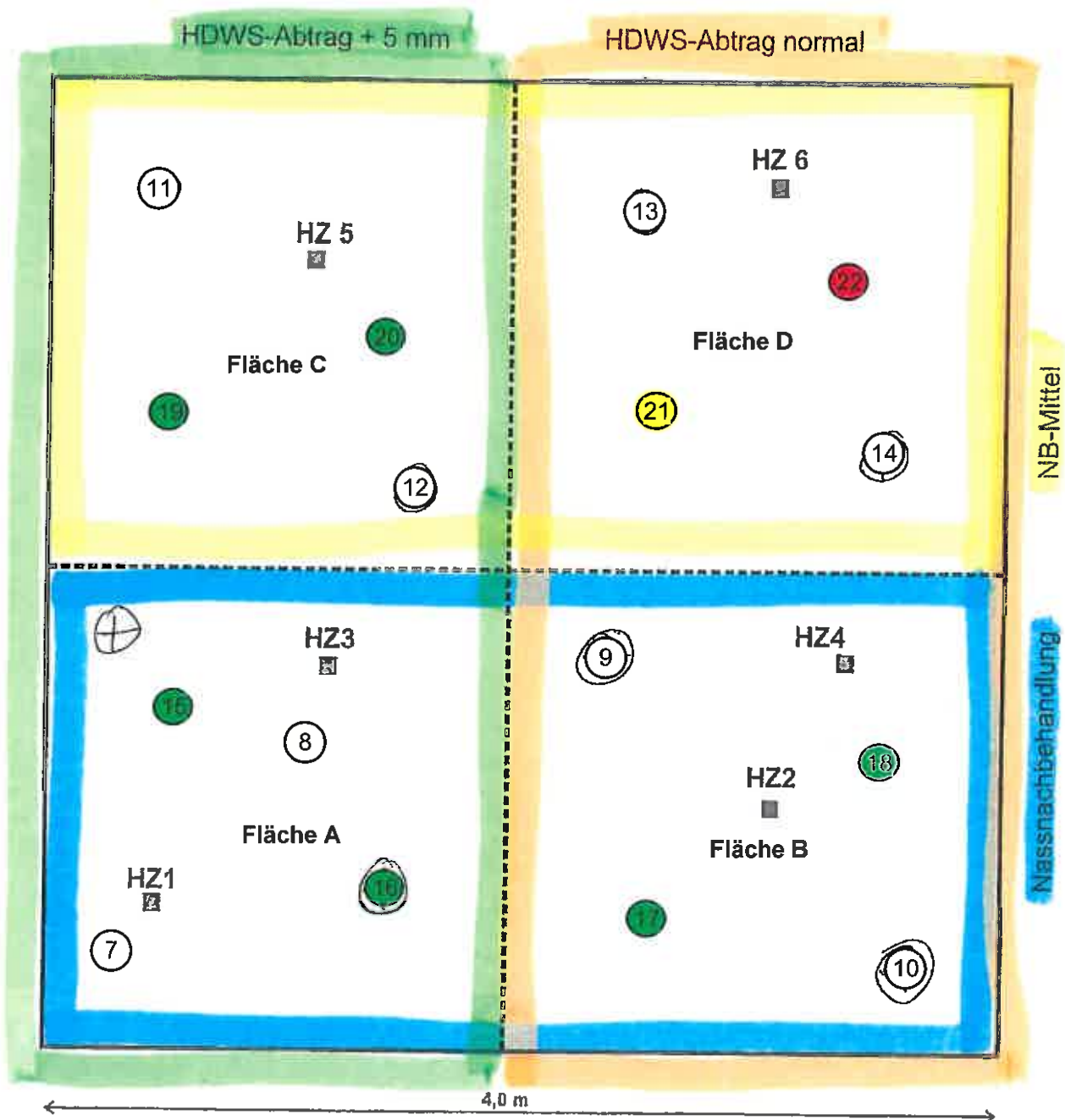
Zu Rückfragen stehen wir jederzeit zur Verfügung.
**IBQ - Ingenieurgesellschaft für Baustoffprüfung
und Qualitätssicherung mbH**

Dipl. Ing. E. Färber



Beurteilungen beziehen sich ausschließlich auf das untersuchte Prüfgut.
Die Proben werden ohne Vereinbarung nach der Untersuchung entsorgt.

gesamte Seitenzahl 5
Datei: 328-14 09-M_IndersKLAHz.BER



Legende:



= Haftzug $\geq 1,5$



= $< 1,5$



= $1,0 \text{ N/mm}^2$



= frühere Prüfungen

Baustelle: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8**

Abschnitt: Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen

Anlage 1

Datum: 01.09.2015

Maßstab: ohne

Oberflächen-/Haftzugfestigkeit DIN 1048 / EN 1542

Anlage 2

Auftraggeber: Markt Indersdorf Bauamt

Prüfdatum: 01.09.2015

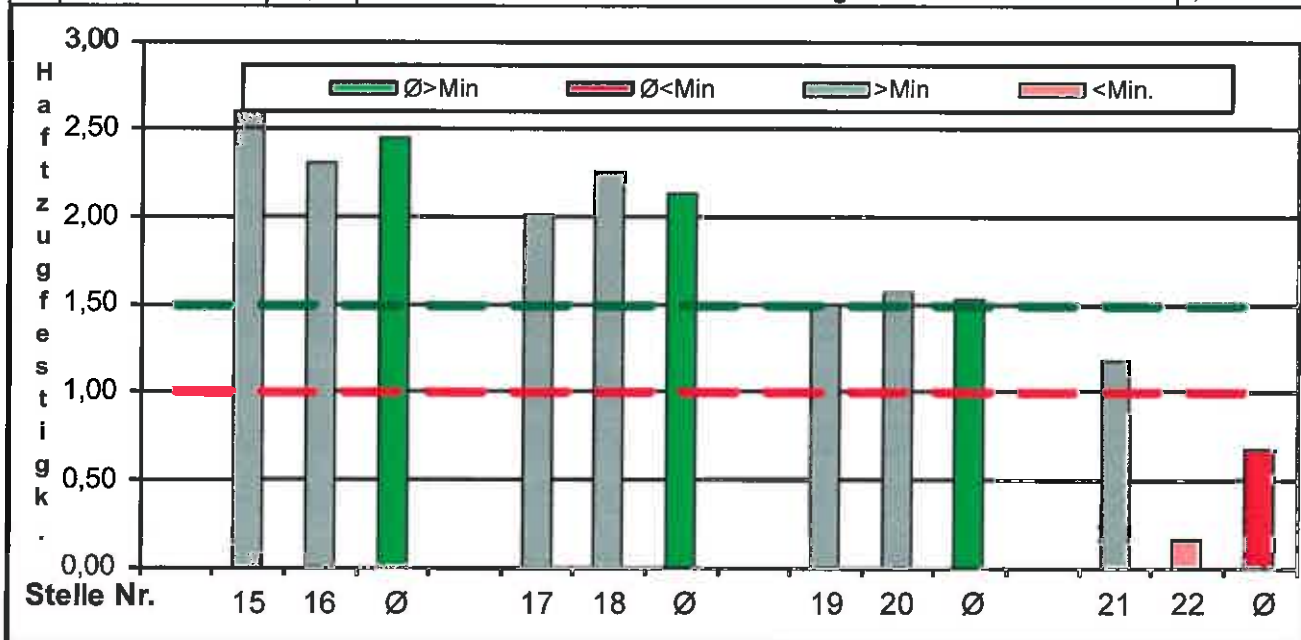
Baustelle: Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8

Prüfer: C. Gaali

Gerät/Stempel: Freundl F10 D Easy M, Ø 50 mm, 100 N/s

Temp./Kleber >10 °C MCQuicksolid

Lfd. Pr. Nr.	Entnahmestelle Meßstelle Stelle Pos.	Einzel- Mittel- N/mm²	Bohrgr 3 mm	Bruchart in % der Bruchfläche								-	Min:
				Kohäsion = in Schicht				Adhäsion = zw. Schichten					1,0
			Schicht dicke	Beton Bestand	Beton- ersatz	Versieg. Spachtel	Oberfl.- schutz	Beton/ B.ersatz	Grundier. Haftbr.	Oberfl.- schutz	Klebe- fuge		1,5
													Bem.
15	Fläche A Stelle 15	2,60	3 mm	100									
16	Stelle 16	2,30	3 mm	100									
Ø	Mittelwert 15-16	2,5	Schicht: HDW + 5 mm + Nassnachbehandlung										
17	Fläche B Stelle 17	2,01	3 mm	40				60					
18	Stelle 18	2,25	3 mm	80				20					
Ø	Mittelwert 17-18	2,1	Schicht: HDW + Nassnachbehandlung										
19	Fläche C Stelle 19	1,49	3 mm	100									
20	Stelle 20	1,57	3 mm	100									
Ø	Mittelwert 19-20	1,5	Schicht: HDW + 5 mm + Nachbehandlungsmittel										
21	Fläche D Stelle 21	1,18	3 mm	100									
22	Stelle 22	0,16	3 mm	100								ggf. Anbruch beim Bohren	
Ø	Mittelwert 21-22	0,7	Schicht: HDW + Nachbehandlungsmittel										max = 2,5





Anlage 3.1:
Foto-
dokumentation

Bild 1

Haftzugstempel Hz15 - Hz18



Bild 2

Haftzugstempel Hz19 - Hz22,
alle 100 % Bruch in
mineralischer Beschichtung



Bild 3

Probefläche für
Haftzugprüfungen



**Anlage 3.2:
Foto-
dokumentation**

Bild 4

Haftzugstempel Hz15 (links unten) - Hz22 (rechts oben) aufgeklebt



Bild 5

Haftzugstempel Hz15 mit 2,60 N/mm² 100 % Bruch in mineralischer Beschichtung



Bild 6:

Haftzugstempel Hz17 mit 2,01 N/mm², 40 % Bruch im Beton 60 % in Fugen zur mineralischer Beschichtung



Bild 7:

Haftzugstempel Hz22 mit 0,16 N/mm², 100 % Bruch in mineralischer Beschichtung, ggf. Anbruch beim Bohren



IBQ . Puchheimer Str. 13 . 82194 Gröbenzell bei München

Puchheimer Straße 13, 82194 Gröbenzell
Telefon 08142/8027, Fax 08142/8029
info@ibqmbh.de, www.ibqmbh.de

Markt Indersdorf
Bauamt
Marktplatz 1

Stadtparkasse München - BIC: SSKMDEMM
IBAN: DE5970150000001511222
HRB 80978 beim AG München - GF: Ernst Färber

85229 Markt-Indersdorf

Beton- und Asphaltprüfstelle (DIN 1045 - RAP Stra)
Erd-/Grundbaulabor, Sanierungsbegutachtung
Mitglied in: bup, DBV, VDB, BYIK Bau u.a.

Bericht IBQ-Nr.: 328-14 07-KLAMIndHz

vom: 18.08.2015

Haftzugfestigkeit von beschichteten Betonbauteilen

1. Angaben zum Auftrag vom 28.07.2015

Auftraggeber: **Markt Indersdorf Bauamt**

Ansprechpartner: Herr Erich Weisser

Tel./Fax: 08136/934-200; Fax:-1

Baumaßnahme: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8**

Bauabschnitt: Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen

Anspr. Baust.: Dr. Markus Plannerer

Tel./Fax: 0173/9827880

Prüfauftrag: **Haftzugfestigkeit mit Nass-Vorbohren nach DIN 1048 / EN 1542**

Prüfumfang: Hz1-8 mit Nassvorbohren

Ausführung: **29.07.2015**

Bemerkungen: Beschichtung: Sika Monotop AW

2. Bemerkungen zur Untersuchung

Die IBQ wurde beauftragt, an obigem Bauvorhaben die Haftzugfestigkeit der Beschichtung zu ermitteln. Die Untersuchungsstellen wurden vom Auftraggeber festgelegt (Anlage 1). Die Prüfstempel (Ø 50 mm, Dicke >25 mm) wurden 4 Tage nach dem Nass-Vorbohren mit einem Kernbohrer Ø 50 mm aufgeklebt und nach dem Aushärten des Spezialkleber (PUR - MC Quicksolid) mit einem kalibrierten Haftzuggerät abgezogen.

Die Einzelergebnisse können mit der Art des Bruches dem Messprotokoll (Anlage 2) entnommen werden, siehe auch Fotodokumentation in der Anlage 3.

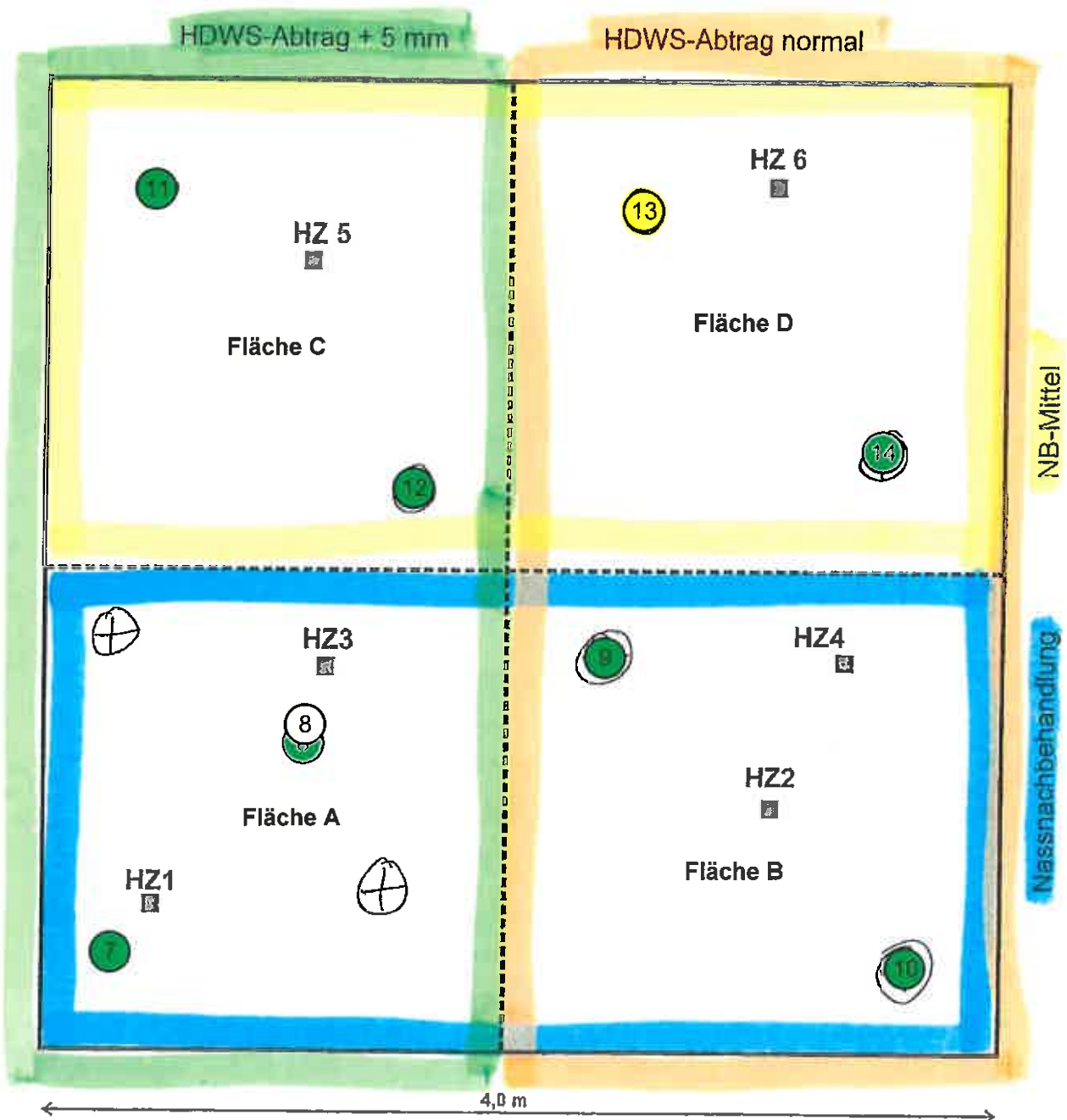
Die Anforderung für den Einzelwert gemäß Vorgabe von >1,0 N/mm² wurde an allen Stellen erfüllt, ebenso wie der Mindestwert für den (2-er-) Mittelwert der verschiedenen Musterflächen von >1,5 N/mm² mit Ausnahme einer geringen Unterschreitung bei Hz12 und Hz14.

Zu Rückfragen stehen wir jederzeit zur Verfügung.

**IBQ - Ingenieurgesellschaft für Baustoffprüfung
und Qualitätssicherung mbH**

Dipl. Ing. E. Färber








Legende:

Lage der Untersuchungsstellen

Anlage 1

 = Haftzug >1,5
  = 1,0-1,5
  <1,0 N/mm²

Baustelle: **Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8**

Datum: 29.07.2015

Abschnitt: Haftzugfestigkeit von Betonbauteilen

Maßstab: ohne

Oberflächen-/Haftzugfestigkeit DIN 1048 / EN 1542

Anlage 2

Auftraggeber: Markt Indersdorf Bauamt

Prüfdatum: 29.07.2015

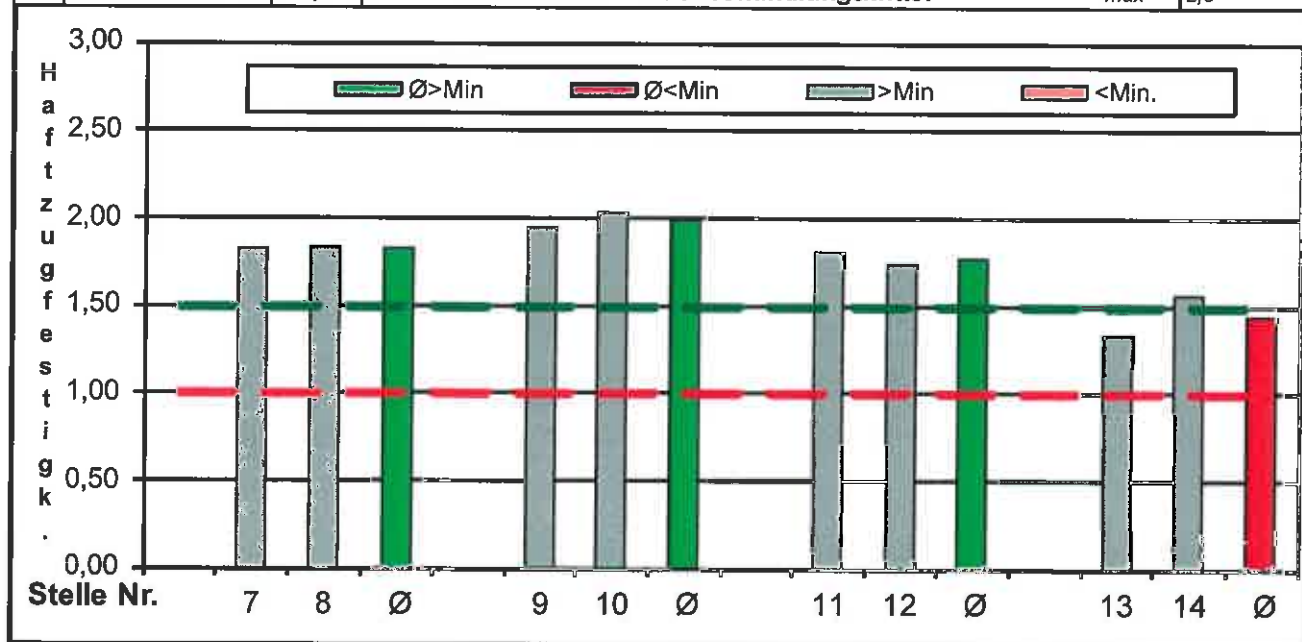
Baustelle: Markt Indersdorf - Kläranlage, Am Wehr 8

Prüfer: C. Gaali

Gerät/Stempel: Freundl F10 D Easy M, Ø 50 mm, 100 N/s

Temp./Kleber >10 °C MCQuicksolid

Lfd. Pr. Nr.	Entnahmestelle Meßstelle Stelle	Pos.	Einzel- Mittel- N/mm²	Bohrgr 3 mm	Bruchart in % der Bruchfläche								Min:
					Kohäsion = in Schicht				Adhäsion =zw. Schichten				1,0
				Schicht dicke	Beton Bestand	Beton- ersatz	Versieg. Spachtel	Oberfl.- schutz	Beton/ B.ersatz	Grundier. Haftbr.	Oberfl.- schutz	Klebe- fuge	1,5
													Bem.
	Fläche A												
7	Stelle	7	1,82	3 mm	0	100							
8	Stelle	8	1,82	3 mm	100								
Ø	Mittelwert 7-8		1,8	Schicht: HDW + 5 mm + Nassnachbehandlung									
	Fläche B												
9	Stelle	9	1,94	3 mm	0	100							
10	Stelle	10	2,03	3 mm	100								
Ø	Mittelwert 9-10		2,0	Schicht: HDW + Nassnachbehandlung									
	Fläche C												
11	Stelle	11	1,80	3 mm	100								
12	Stelle	12	1,74	3 mm	0	100							
Ø	Mittelwert 11-12		1,8	Schicht: HDW + 5 mm + Nachbehandlungsmittel									
	Fläche D												
13	Stelle	13	1,33	3 mm	0	100							
14	Stelle	14	1,56	3 mm	0	100							
Ø	Mittelwert 13-14		1,4	Schicht: HDW + Nachbehandlungsmittel									max = 2,5





Anlage 3.1:
Foto-
dokumentation

Bild 1
Haftzugstempel Hz7 - Hz10



Bild 2
Haftzugstempel Hz11 - Hz14



Bild 3
Messstelle Hz7 (+ Hz8)
HDW + 5 mm +
Nassnachbehandlung



Anlage 3.2:
Foto-
dokumentation

Bild 4

Messstelle Hz9 (+ Hz10)
HDW + Nassnachbehandlung



Bild 5

Messstelle Hz11 (+ Hz12)
HDW + 5 mm +
Nachbehandlungsmittel



Bild 6

Messstelle Hz13 (+ Hz14)
HDW + Nachbehandlungsmittel

PLANNERER +PARTNER • Gumstraße 8B • 82152 Planegg

**Markt Markt Indersdorf
Herrn Weisser**

**Dr. Blasy - Dr. Øverland
Herrn Horst Windeck**

Dr.-Ing. Markus Plannerer

Beratender Ingenieur BAYIK

Von der Industrie - und Handelskammer
für München und Oberbayern öffentlich
bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Betonschäden, Betoninstandsetzung,
Betontechnologie, mineralische Baustoffe

Dr.-Ing. Karl Schmidt

Von der Industrie - und Handelskammer
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Betontechnologie,
Betonschäden und Betoninstandsetzung

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht

Unser Zeichen, unsere Nachricht

Datum
2.9.2015

**Objekt: Kläranlage Markt Indersdorf
Stellungnahme zu den Haftzugprüfungen auf der Probefläche**

Sehr geehrter Weisser, sehr geehrter Herr Windeck,

wunschgemäß habe ich alle jetzt vorliegenden Ergebnisse der
Haftzugprüfungen auf der Probefläche in einer Gesamtschau
ausgewertet und bewertet, s. Anlagen.

Die Probefläche wurde im Einvernehmen aller Beteiligten hergestellt
mit dem Ziel mögliche Schadensquellen zu erkennen und letztlich
eine ausführungssichere Methode zur Applikation des Spritzmörtels
festzulegen.

Die Herstellung der Probefläche erfolgte unter vorab festgelegten
Randbedingungen, die Ausführung wurde von den Sachverständigen
Wiegrink (21.+22.7.15) und Plannerer (22.7.15) überprüft.

In der nachstehenden Tabelle sind alle Ergebnisse der
Haftzugprüfungen zusammengestellt und den verschiedenen
Bruchbildern zugeordnet.



Anschrift:
Gumstraße 8b
D-82152 Planegg

Fon 089 / 8 11 21 80
Fax 089 / 8 11 23 34
post@ib-plannerer.de
www.ib-plannerer.de

Partner:
Dr. Markus Plannerer
Dr. Karl Schmidt
Partnerschaftsregister:
PR 1223

Steuer-Nr.:
146/234/90719

Bankverbindung:
Kreissparkasse M-S-E
BLZ 702 501 50
Kto 273 704 44
IBAN DE43 7025 0150 0027 3704 44
BIC BYLADEM1KMS

Kläranlage Markt Indersdorf – Haftzugprüfungen an Probeströße

Ergebnisse der Haftzugprüfungen auf der Probeströße in N/mm ²			
Prüfdatum	30.07.15	18.08.15	01.09.15
Prüfgröße: oben links	Mehrabtrag + Nachbehandlungsmittel		
Versagen im Spritzmörtel	2,06	1,74	1,49
			1,57
Versagen Verbundfuge zum Beton		1,8	

Prüfgröße	oben rechts	kein Mehrabtrag + Nachbehandlungsmittel	
Versagen im Spritzmörtel	1,51	1,74	1,18
		1,33	(0,16)

Prüfgröße:	unten links	Mehrabtrag + Nassnachbehandlung	
Versagen im Spritzmörtel	2,07	1,82	2,6
			2,3
Versagen Verbundfuge zum Beton	2,05		
Versagen im Altbeton		1,82	

Prüfgröße:	unten rechts	kein Mehrabtrag + Nassnachbehandlung	
Versagen im Spritzmörtel	2,35	1,94	2,01
Versagen Verbundfuge zum Beton	2,67	2,03	2,25

Zusammenstellung aller Prüfergebnisse: 15 x Bruch im Spritzmörtel, 5 x Bruch Verbundfuge Mörtel-Beton, 1 x Bruch Altbeton

Es sind folgende Bruchbilder zu unterscheiden:

- Bruch im Altbeton -> daraus folgt, dass die Mörtelfestigkeit an sich und auch dessen Haftung auf dem Altbeton größer ist als der Prüfwert.
- Bruch innerhalb des Mörtels (=Kohäsionsversagen bzw. Adhäsionsversagen 2. zur 1. Spritzlage) -> daraus folgt, dass die Haftung des Spritzmörtels auf dem Altbeton größer ist als der Prüfwert.
- Bruch Verbundfuge Mörtel zum Altbeton (=Adhäsionsversagen), daraus folgt, dass die Mörtelfestigkeit an sich größer ist als der Prüfwert.

Die Haftzugprüfungen sind in den Diagrammen 1 und 2 getrennt nach den Bruchbildern ausgewertet.

1. Auswertung bezüglich der Mörtelfestigkeit, Diagramm 1

Die Haftzugfestigkeiten entsprechen der zentrischen Zugfestigkeit des Spritzmörtels, da der Bruch innerhalb des Spritzmörtels oder zwischen 1. und 2. Spritzlage erfolgte. Die Art der Untergrundvorbereitung und sonstige von der AN vermutete Schädigungseinflüsse (Ettringit usw.) haben keinen Einfluß auf diese Festigkeit. Die Auswertung erfolgt deshalb gemeinsam ohne zwischen der Fläche mit bzw. ohne Mehrabtrag zu unterscheiden.

Es ist eindeutig erkennbar, dass sich die Nassnachbehandlung günstig auf die Festigkeit ausgewirkt hat. Die Nachbehandlung mit einem

Kläranlage Markt Indersdorf – Haftzugprüfungen an Probefläche

Nachbehandlungsmittel ist hingegen selbst unter den bei der Probefläche 100 % perfekten Bedingungen (vollflächiger Auftrag in ausreichender Menge) nicht optimal. Aus dem Diagramm kann sogar ein "Festigkeitsabfall" des mit NB-Mittel nachbehandelten Mörtels abgeleitet werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein nicht perfekter d.h. ungleichmäßiger bzw. zu dünner Auftrag des Nachbehandlungsmittels einen noch deutlicheren Festigkeitsabfall des Mörtels bewirken wird.

Bemerkenswert ist weiterhin, dass selbst unter optimalsten Bedingungen (!) die Zugfestigkeit des Mörtels nicht einmal 2,5 N/mm² erreicht. Lt. Produktdatenblatt Sika MonoTop AW sollte der Mörtel eine Druckfestigkeit von ca. 55 N/mm² und eine Biegezugfestigkeit von ca. 11 N/mm² erreichen. Die Zugfestigkeit kann über das Verhältnis zwischen Biegezugfestigkeit und Zugfestigkeit grob überschlägig abgeschätzt werden, s. Abb.1. Ein Mörtel mit 11 N/mm² Biegezugfestigkeit könnte demnach eine Zugfestigkeit bis zu 5,5 N/mm² erreichen. Tatsächlich erreicht die Zugfestigkeit des Mörtels nicht einmal 2,5 N/mm². Die zurückbleibende Festigkeit ist zumindest zum Teil durch die um 10 % höhere Wasserzugabe zu erklären.

11.2.11 Zusammenhang zwischen Druck-, Biegezug-, Spaltzug- und Zugfestigkeit

Grobe Abschätzung

$$f_c = 5 \text{ bis } 9 \cdot f_{ctd}$$

$$f_c = 8 \text{ bis } 15 \cdot f_{ctsh}$$

$$f_{ctd} = 1,7 \cdot f_{ctsh}$$

$$f_{ctsh} = 2 \cdot f_t$$

$$f_t = 0,8 \cdot f_{ctd}$$

Mit:

f_c - Druckfestigkeit

f_{ctd} - Biegezugfestigkeit

f_{ctsh} - Spaltzugfestigkeit

f_t - Zugfestigkeit

Tabelle 11.2.11.a. Beispiele Druck- zu Biegezug- bzw. Spaltzugfestigkeit

Abb.1: Umrechnungsfaktoren für verschiedene Festigkeiten, Quelle: Betontechnische Daten, Heidelberger Zement

2. Auswertung bezüglich des Verbundes zum Altbeton, Diagramm 2

Von insgesamt 21 Haftzugprüfungen* ist nur 5 mal der Bruch in der Verbundfuge Mörtel zum Altbeton eingetreten. Das schwächste Glied in der Kette ist damit nicht die Verbundfuge, sondern der Spritzmörtel. Die Zugfestigkeit des Spritzmörtels ist geringer als die Haftzugfestigkeit in der Verbundfuge zum Altbeton.

Kläranlage Markt Indersdorf – Haftzugprüfungen an Probefläche

Weiterhin ist festzustellen, dass bei der nassnachbehandelten Fläche ohne (!) zusätzlichen HDWS-Abtrag die Haftzugfestigkeiten mit über 2,0 N/mm² die technischen Anforderungen nach RL-SIB uneingeschränkt erfüllen.

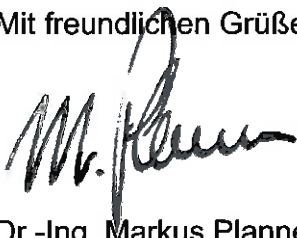
Der HDWS-Mehrabtrag hat nicht zur Erhöhung der Haftzugfestigkeit geführt, im Gegenteil die Haftzugfestigkeit liegt sogar marginal unter dem Vergleichswert in der nicht zusätzlich abgetragenen Prüffläche.

Im Resümee ist festzuhalten, dass

- **die Spritzmörtelschale bei ordnungsgemäßer Ausführung und Nassnachbehandlung den technisch erforderlichen Verbund nach RL-SIB sowohl zum Altbeton als auch zwischen den Spritzlagen erreicht.**
- **ein zusätzlicher Betonabtrag hierzu nicht erforderlich ist.**
- **ein zusätzlicher Betonabtrag zu keinem besseren Haftverbund führt.**
- **der Spritzmörtel das schwächste Glied im Aufbau ist, d.h. die Eigenfestigkeit des Mörtels ist geringer als der Haftverbund zum Untergrund.**
- **eine Nachbehandlung mit NB-Mittel nicht zu empfehlen ist.**
- **die von der AN vermutete Verbundschädigung durch Ettringit nicht bestätigt wurde.**

Für Rückfragen stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

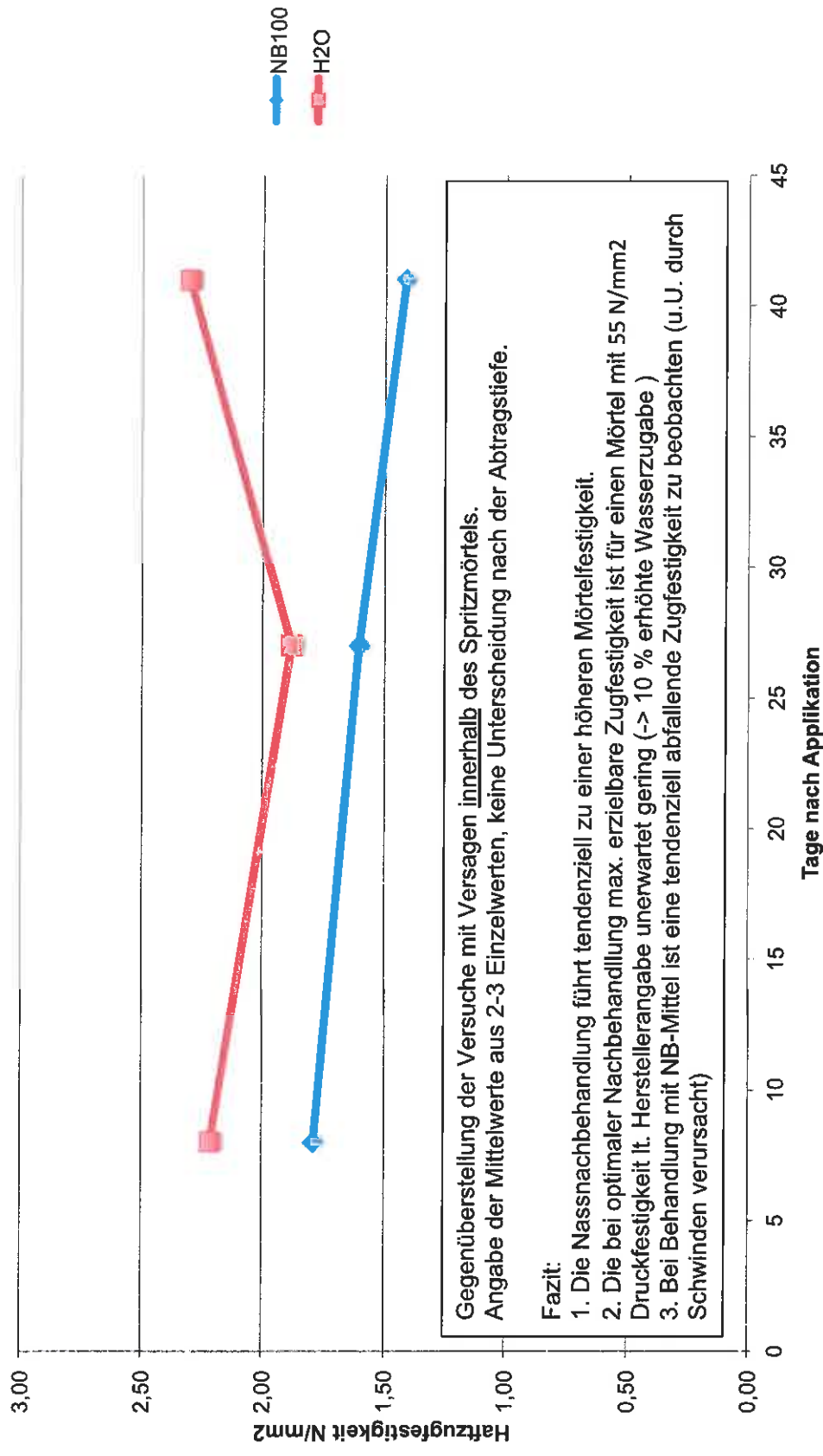


Dr.-Ing. Markus Plannerer

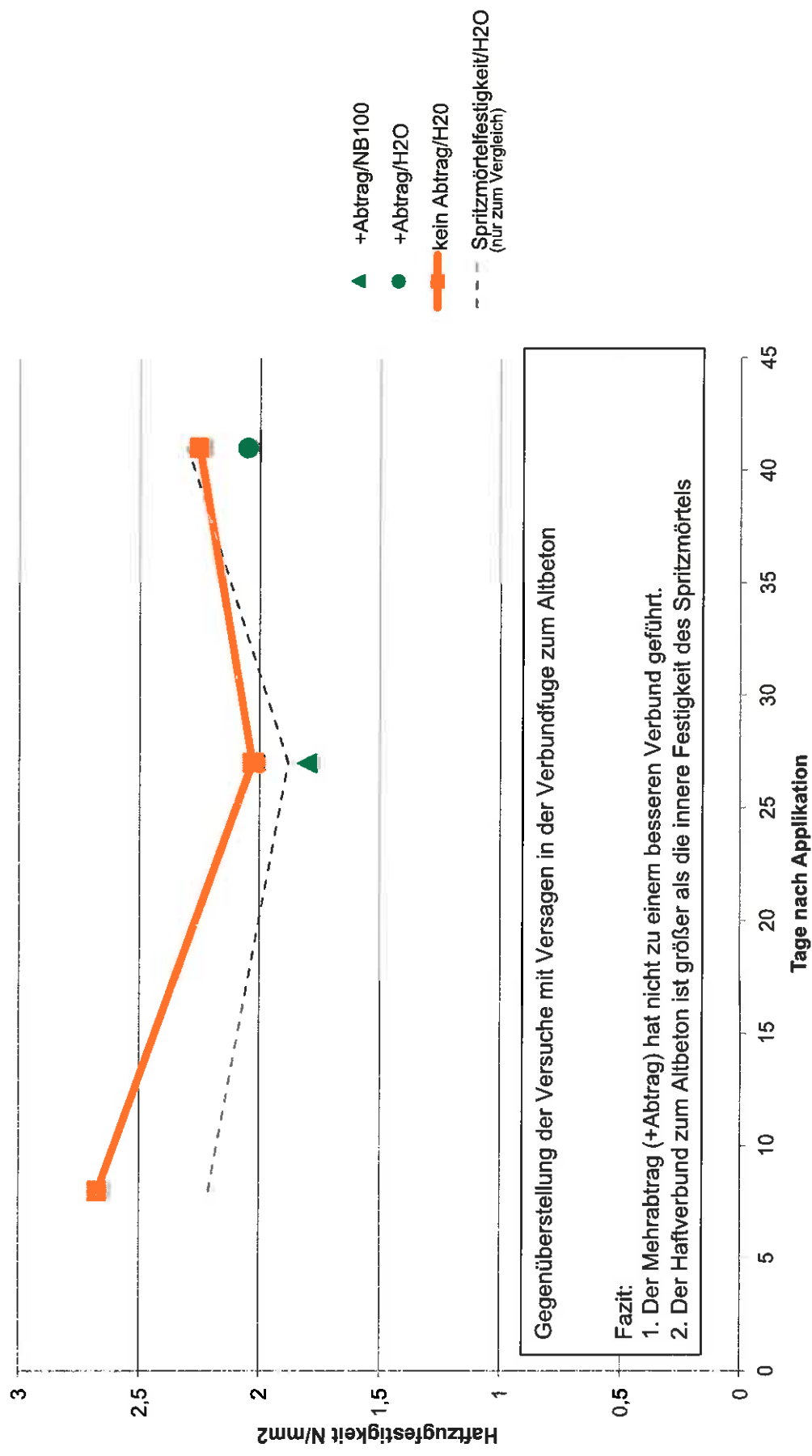


Anlage 2 Diagramme

Spritzmörtel-Zugfestigkeit (Kohäsionsversagen)



Verbund Spritzmörtel zum Altbeton (Adhäsionsversagen)













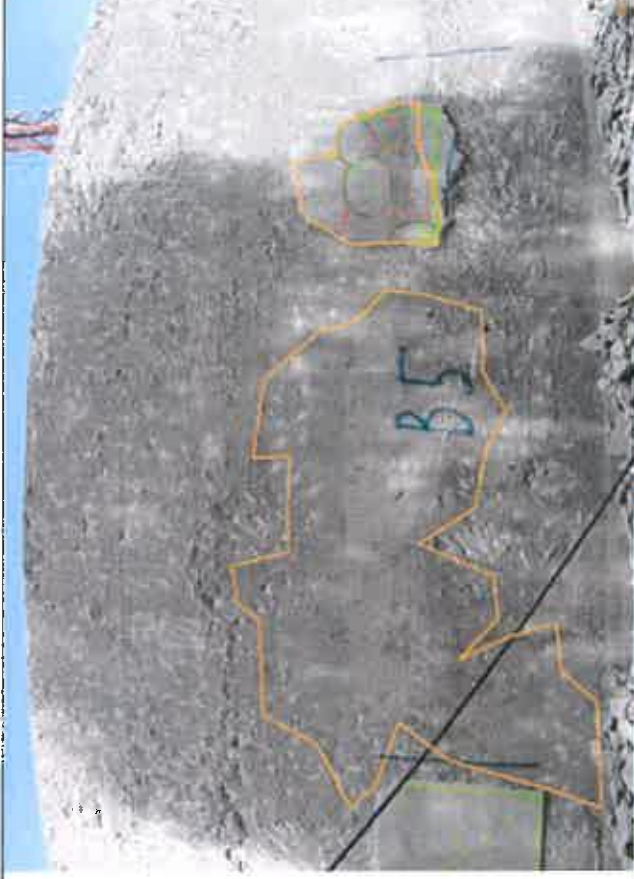


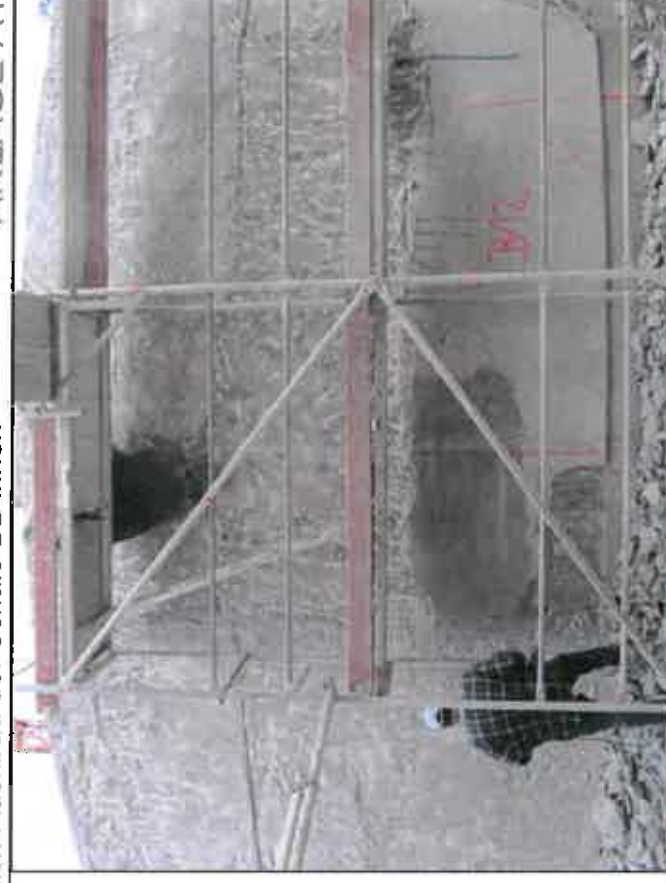








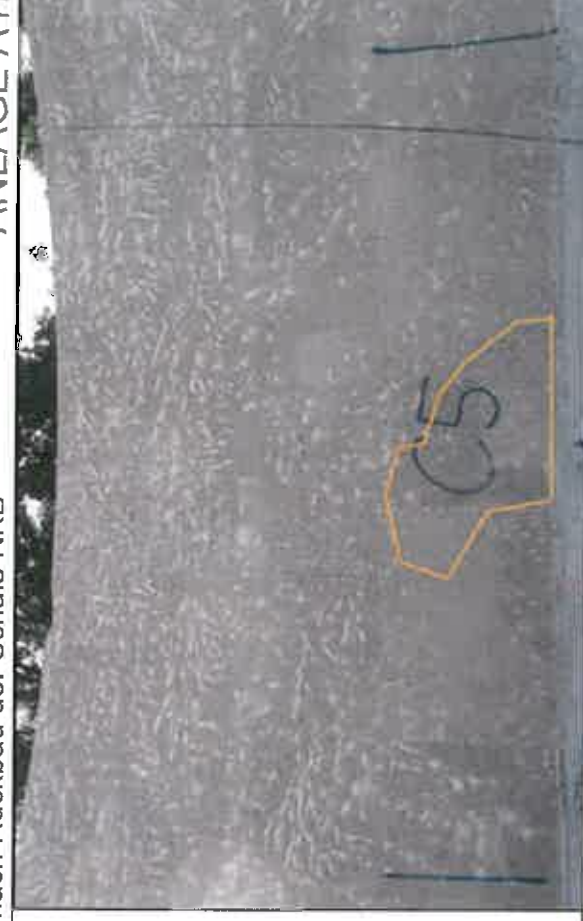
















UNTERSUCHUNGSBERICHT

17968/15

Materialuntersuchungen

Trockenmörtel (Spritzbeton)

Projekt - Nr. 2015 - 011-08

Auftrag 072 -15 vom 31.08.15

Auftraggeber:

Staupendahl & Partner GmbH
Frau Oette

Auftragnehmer:

**mpa - Labor für Materialprüfung
und -analyse GmbH**
Plaußiger Dorfstraße 12
04349 LEIPZIG
Tel.: 034298/30 270

Datum:

04.08.15

1. Zielstellung

Vom Auftraggeber wurden 4 unterschiedliche Rückstellproben eines Trockenmörtels (Spritzbeton) zu stofflichen Untersuchungen übergeben. Mit den Untersuchungen soll geklärt werden, ob die Mörtelproben Tricalciumaluminat ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ (C3A)) enthalten.

Probenbezeichnungen:

Labornummer	Bezeichnung
1	Kläranlage Markt Indersdorf Sika MonoTop AW Charge 003 v. 26.05.15, Abgepackt 14:06 - 1. Lage
2	Kläranlage Markt Indersdorf Sika MonoTop AW Charge 003 v. 26.05.15, Abgepackt 14:05 - 1. Lage
3	Kläranlage Markt Indersdorf Sika MonoTop AW Charge 001 v. 27.05.15, Abgepackt 7:07 - 2. Lage
4	Kläranlage Markt Indersdorf Sika MonoTop AW Charge 001 v. 27.05.15, Abgepackt 7:03 - 2. Lage

Tabelle 1: Probenbezeichnung

2. Untersuchungsmethoden

Für die Untersuchungen wurden die Proben bei 40 µm abgesiebt, um den Bindemittelanteil anzureichern.

Die mikrochemischen Untersuchungen erfolgten mittels EDX-Noran System Six mit einem Ultradry - Detektor an den präparierten Originalproben. Es handelt sich dabei um ein energiedispersives standardloses Mikroanalyseverfahren (Punktanalysen), gekoppelt an ein Rasterelektronenmikroskop Jeol JSM 5400. Durch die Messmethodik können punktuelle Abweichungen von der tatsächlichen Gesamtzusammensetzung auftreten, die durch Mehrfachmessungen unterschiedlicher Probenbereiche relativiert werden können (NWG bei ca. 0,05 M.-%).

Der mineralogische Phasenbestand wurde mit dem Diffraktometer BRUKER D2 Phaser mit Cu-Strahlung im 2-Theta-Bereich von 8 bis 60 ° ermittelt (NWG bei ca. 0,5 M.-%).

3. Ergebnisse

(a) Chemische Untersuchungen

Parameter	Probe 1 Bindemittel- fraktion (s. Seite 7)	Probe 2 Bindemittel- fraktion (s. Seite 8)	Probe 3 Bindemittel- fraktion (s. Seite 9)	Probe 4 Bindemittel- fraktion (s. Seite 10)
Na ₂ O	0,49	0,67	0,45	0,63
MgO	1,30	1,45	1,47	1,37
Al ₂ O ₃	7,86	7,42	8,25	7,95
SiO ₂	32,21	31,12	33,12	31,39
SO ₃	2,71	2,60	2,80	2,23
Cl	-	-	-	-
K ₂ O	1,07	1,05	1,15	0,95
CaO	47,89	48,68	46,14	49,09
TiO ₂	0,74	0,80	0,55	0,43
Fe ₂ O ₃	5,73	6,20	6,08	5,97

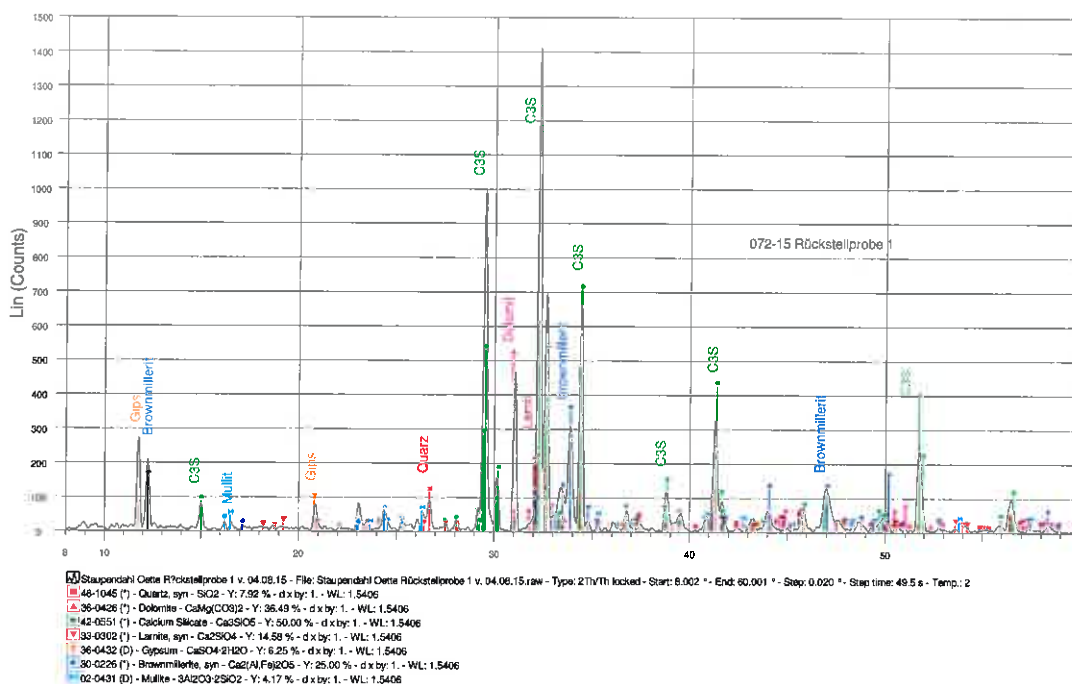
Tabelle 2: Chemische Analysen [EDX] in M.-% (- bedeutet < NWG)

⇒ **Fazit:** Die Proben zeigen eine vergleichbare chemische Zusammensetzung.

(b) Mineralogische Untersuchungen

⇒ Probe 1

mpa - Labor für Materialprüfung und -analyse GmbH



Probe 1 <i>Bindemittelfraktion</i>	
Mineralphasen	Chemische Formel
Tricalciumsilikat	Ca_3SiO_5 (C3S)
Dolomit	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Brownmillerit	$\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_2\text{O}_5$
Gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Dicalciumsilikat (Larnit)	Ca_2SiO_4 (C2S)
Quarz	SiO_2
Mullit	$\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$

Tabelle 3: Mineralogischer Phasenbestand

⇒ Probe 2

mpa - Labor für Materialprüfung und -analyse GmbH

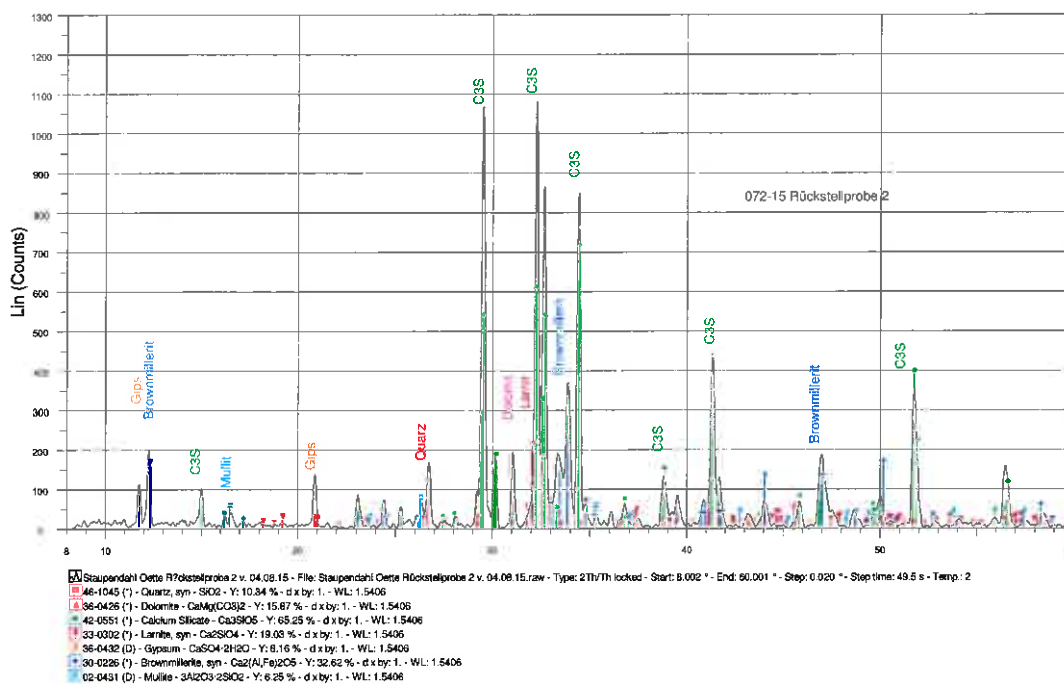


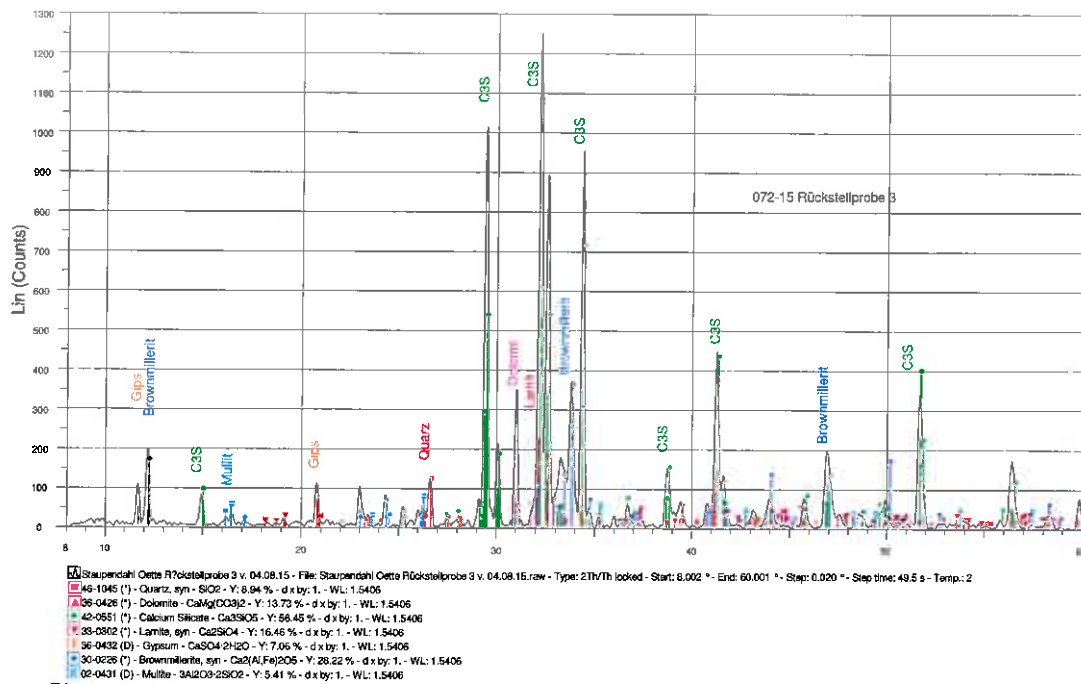
Diagramm 2: Diffraktogramm Probe 2

Probe 2 <i>Bindemittelfraktion</i>	
Mineralphasen	Chemische Formel
Tricalciumsilikat	Ca_3SiO_5 (C3S)
Dolomit	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Brownmillerit	$\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_2\text{O}_5$
Gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Dicalciumsilikat (Larnit)	Ca_2SiO_4 (C2S)
Quarz	SiO_2
Mullit	$\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$

Tabelle 4: Mineralogischer Phasenbestand

⇒ Probe 3

mpa - Labor für Materialprüfung und -analyse GmbH



Probe 3	
Bindemittelfraktion	
Mineralphasen	Chemische Formel
Tricalciumsilikat	Ca_3SiO_5 (C3S)
Dolomit	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Brownmillerit	$\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_2\text{O}_5$
Gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Dicalciumsilikat (Larnit)	Ca_2SiO_4 (C2S)
Quarz	SiO_2
Mullit	$\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$

Tabelle 5: Mineralogischer Phasenbestand

⇒ Probe 4

mpa - Labor für Materialprüfung und -analyse GmbH

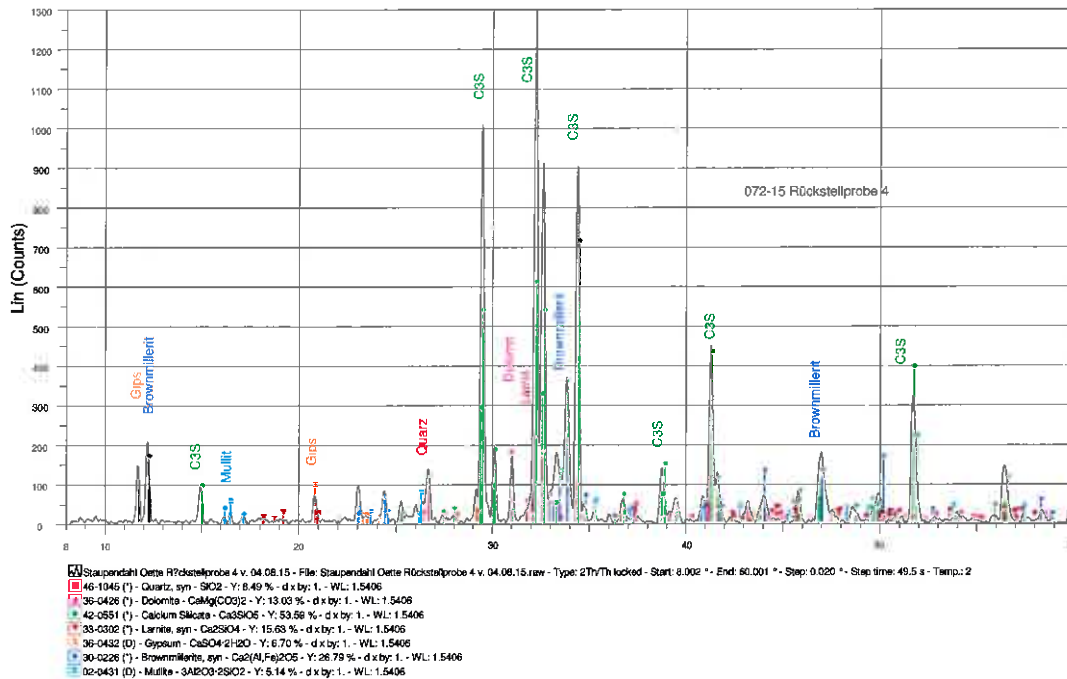


Diagramm 4: Diffraktogramm Probe 4

Probe 4	
Bindemittelfraktion	
Mineralphasen	Chemische Formel
Tricalciumsilikat	Ca_3SiO_5 (C3S)
Dolomit	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Brownmillerit	$\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_2\text{O}_5$
Gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Dicalciumsilikat (Larnit)	Ca_2SiO_4 (C2S)
Quarz	SiO_2
Mullit	$\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$

Tabelle 6: Mineralogischer Phasenbestand

⇒ **Fazit:** Die Rückstellproben enthalten kein Tricalciumaluminat.

4. Zusammenfassung

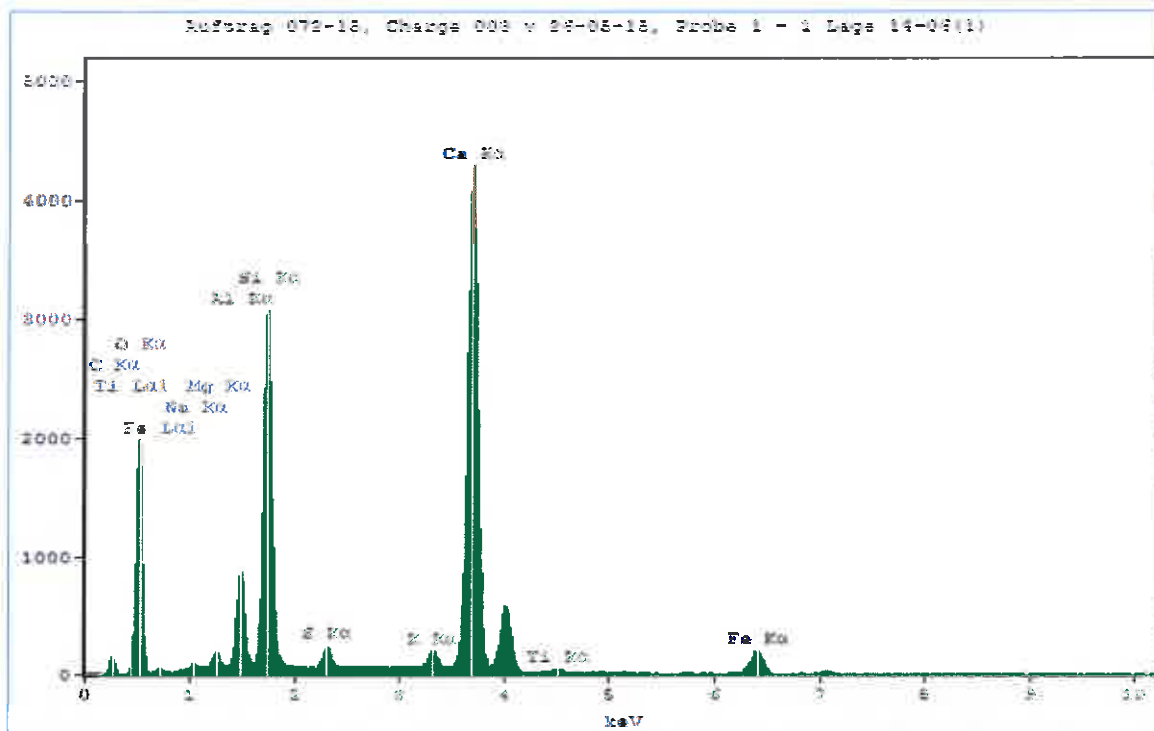
Die mineralogischen Untersuchungen ergeben, dass in den angereicherten Bindemittelfractionen der 4 Rückstellproben kein Tricalciumaluminat (Ca_3SiO_5 (C_3S)) oberhalb der verfahrenstechnisch bedingten Nachweisgrenze von $< 0,5$ M.-% nachweisbar ist.

mpa - Labor für Materialprüfung und -analyse GmbH



Dipl.-Krist. B. Werner
Geschäftsführerin





Tue Aug 04 2015

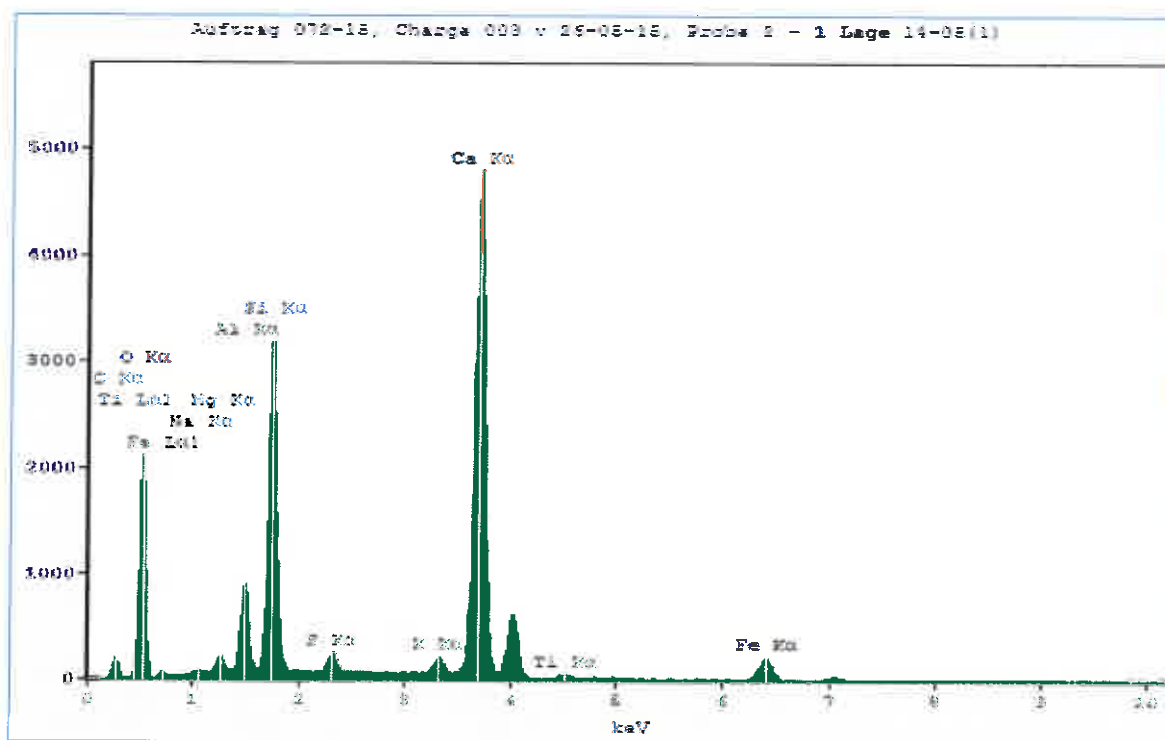
Filter-Anpassung Chi 2:1.835

Korrekturmethode:Proza (Phi-Rho-Z)

Beschl.Spannung: 20.0 kV Abnahmewinkel: 30.0 Grad.

Auftrag 072-15, Charge 003 v 26-05-15, Probe 1 - 1. Lage 14:06

Element Line	Net Counts	K-Ratio	ZAF	Atom %	Parameter	Gew.-%
O K	13826	---	8.150	58.48	---	---
Na K	302	0.00	3.622	0.38	Na2O	0.49
Mg K	1020	0.01	2.388	0.77	MgO	1.30
Al K	7332	0.05	1.852	3.70	Al2O3	7.86
Si K	29295	0.20	1.554	12.87	SiO2	32.21
S K	2330	0.02	1.391	0.81	SO3	2.71
K K	1671	0.02	1.116	0.55	K2O	1.07
Ca K	57010	0.64	1.120	20.49	CaO	47.89
Ti K	469	0.01	1.351	0.22	TiO2	0.74
Fe K	2784	0.07	1.230	1.72	Fe2O3	5.73
Total				100.00		100.00



Tue Aug 04 2015

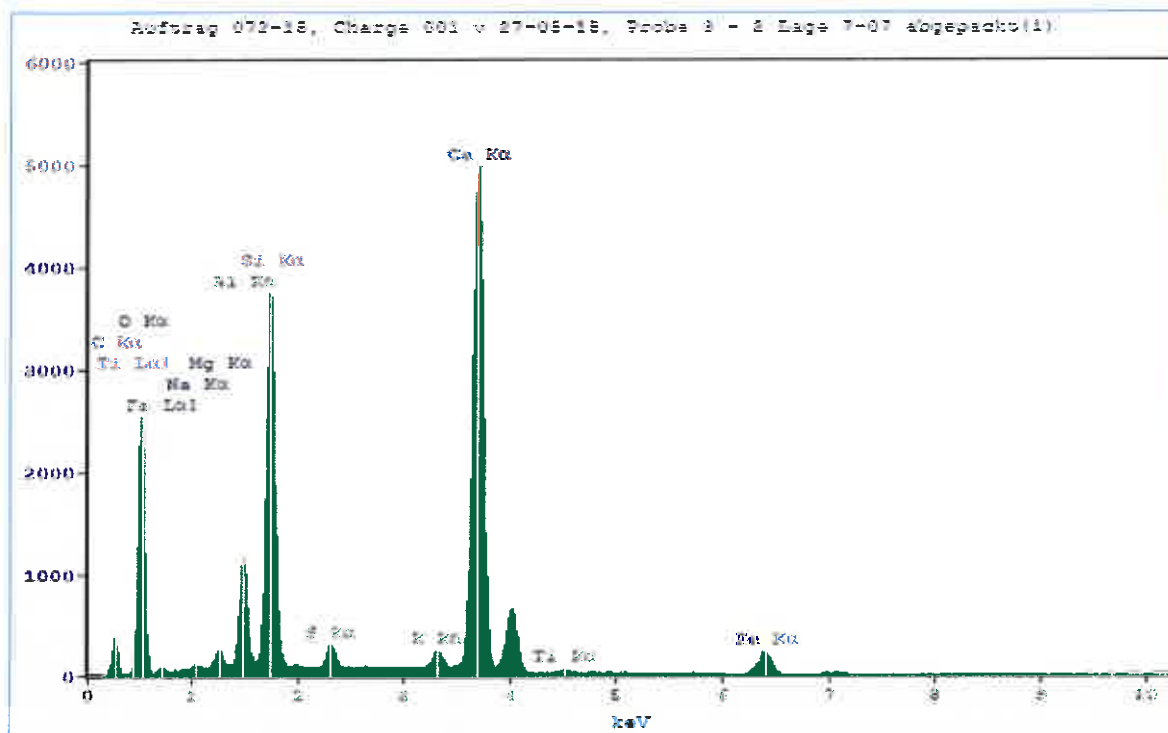
Filter-Anpassung Chi 2:1.555

Korrekturmethode:Proza (Phi-Rho-Z)

Beschl.Spannung: 20.0 kV Abnahmewinkel: 30.0 Grad.

Auftrag 072-15, Charge 003 v 26-05-15, Probe 2 - 1. Lage 14:05

Element Line	Net Counts	K-Ratio	ZAF	Atom %	Parameter	Gew.-%
O K	14773	---	8.210	58.23	---	---
Na K	446	0.00	3.647	0.52	Na2O	0.67
Mg K	1226	0.01	2.408	0.87	MgO	1.45
Al K	7432	0.04	1.865	3.51	Al2O3	7.42
Si K	30522	0.19	1.557	12.49	SiO2	31.12
S K	2427	0.02	1.385	0.78	SO3	2.60
K K	1769	0.02	1.112	0.54	K2O	1.05
Ca K	62786	0.64	1.117	20.93	CaO	48.68
Ti K	549	0.01	1.351	0.24	TiO2	0.80
Fe K	3257	0.07	1.230	1.87	Fe2O3	6.20
Total				100.00		100.00



Tue Aug 04 2015

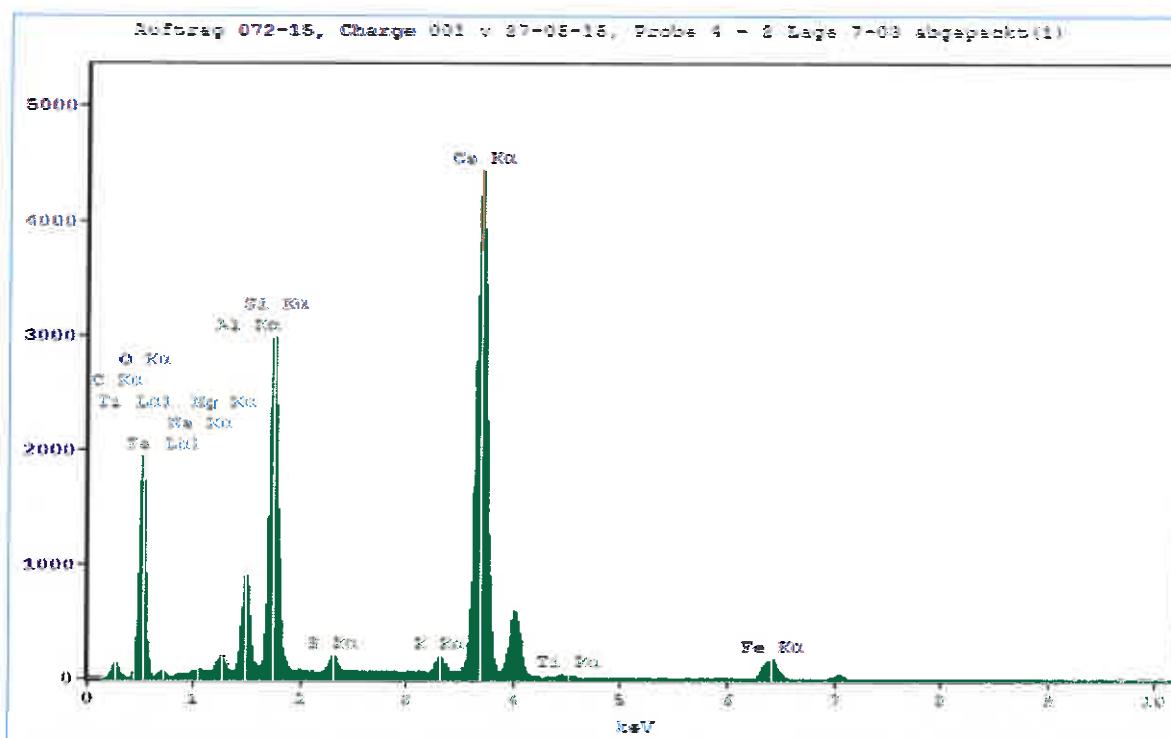
Filter-Anpassung Chi 2:1.436

Korrekturmethode:Proza (Phi-Rho-Z)

Beschl.Spannung: 20.0 kV Abnahmewinkel: 30.0 Grad.

Auftrag 072-15, Charge 001 v 27-05-15, Probe 3 - 2. Lage 7:07 abgepackt

Element Line	Net Counts	K-Ratio	ZAF	Atom %	Parameter	Gew.-%
O K	17891	---	7.985	58.69	---	---
Na K	337	0.00	3.612	0.35	Na2O	0.45
Mg K	1395	0.01	2.382	0.87	MgO	1.47
Al K	9298	0.05	1.849	3.87	Al2O3	8.25
Si K	36194	0.21	1.559	13.17	SiO2	33.12
S K	2885	0.02	1.400	0.84	SO3	2.80
K K	2151	0.02	1.123	0.58	K2O	1.15
Ca K	66031	0.62	1.123	19.66	CaO	46.14
Ti K	417	0.01	1.347	0.16	TiO2	0.55
Fe K	3561	0.07	1.229	1.82	Fe2O3	6.08
Total				100.00		100.00



Live Time: 100.0 sec.

Tue Aug 04 2015

Filter-Anpassung Chi 2:1.986

Korrekturmethode:Proza (Phi-Rho-Z)

Beschl.Spannung: 20.0 kV Abnahmewinkel: 30.0 Grad.

Auftrag 072-15, Charge 001 v 27-05-15, Probe 4 - 2. Lage 7:03 abgepackt

Element Line	Net Counts	K-Ratio	ZAF	Atom %	Parameter	Gew.-%
O K	13578	---	8.228	58.17	---	---
Na K	387	0.00	3.633	0.49	Na2O	0.63
Mg K	1080	0.01	2.399	0.82	MgO	1.37
Al K	7435	0.05	1.857	3.76	Al2O3	7.95
Si K	28587	0.19	1.559	12.59	SiO2	31.39
S K	1932	0.01	1.388	0.67	SO3	2.23
K K	1500	0.01	1.112	0.49	K2O	0.95
Ca K	58874	0.65	1.117	21.09	CaO	49.09
Ti K	270	0.00	1.353	0.13	TiO2	0.43
Fe K	2911	0.07	1.230	1.80	Fe2O3	5.97
Total				100.00		100.00

Untersuchungen an Bohrkern-Proben aus der Kläranlage Markt Indersdorf, P5732

Bericht Nr. 15/10426/01

**Untersuchungen an Bohrkern-Proben aus der
Kläranlage Markt Indersdorf, P5732**

Auftraggeber: Sachverständigenbüro Dr. Wiegrink
Cäsar von Hofacker Str. 7
82327 Tutzing b. München

Auftragnehmer: Kiwa GmbH
NL Berlin – Brandenburg
Voltastraße 5, Geb. 10.6
13355 Berlin

Dieser Bericht besteht aus 14 Seiten.

Wissenschaftliche Bearbeiter: Dipl.-Ing. Agnieszka Joanna Kowalczyk
Dipl.-Geol. Susanne Henke
Dr. rer. nat. Ralf Röben

Berlin, den 27. Juli 2015



Dr. R. Röben
Leiter Chemisches Labor

Inhalt

1	Sachverhalt und Aufgabenstellung	4
2	Probenmaterial	5
3	Bestimmung des Gehaltes an säurelöslichem Sulfat	6
4	Mikroskopie	8
5	Röntgendiffraktometrie zur Identifizierung von schädigenden Mineralphasen	12

Anhang 1 - Probendokumentation

1 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Die Kiwa GmbH, NL Berlin - Brandenburg wurde vom Sachverständigenbüro Dr. Wiegrink am 15.07.2015 mit der Untersuchung an Bohrkern-Proben beauftragt. Das Untersuchungsmaterial stammt aus der Wand eines Beckens der Kläranlage Indersdorf und ging am 17.07.2015 in Berlin ein.

Anlass für die Untersuchungen ist das Versagen einer Spritzbetonschicht, die auf die Stahlbeton-Wand des Beckens. Innerhalb eines kurzen Zeitraums nach Aufbringung der Spritzbetonschicht kam es zur Ausbildung von großflächigen Hohllagen.

Die Gründe für die Ablösung der Spritzbetonschicht sollen durch den Sachverständigen beurteilt werden. Die hier beschriebenen Untersuchungen sollen die Beurteilung von der stofflichen Seite her unterstützen.

Übergeben wurden zehn Bohrkern mit einem \varnothing von 50 mm und einer Länge von ca. 80 mm bis 100 mm.

Die Bohrkern sind im folgenden Kapitel dokumentiert.

Es wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Ermittlung der Gesamt-Sulfatgehalte in jeweils drei Tiefenstufen der Bohrkern P2.2.a, P2.3.a und P2.4.a
- Mikroskopie an Anschliffen der Bohrkern P2.2.a und P2.3.a zur Aufklärung möglicher Gefügeschädigungen, insbesondere in Hinblick auf treibende Reaktionen (Ettringit/Gips)
- Röntgenbeugungsanalyse an den Oberflächen der Bohrkern P2.2.a und P2.3.a

2 Probenmaterial

Es wurden insgesamt zehn Bohrkern-Probensätze übersandt, die im Anhang 1 dokumentiert sind.

Nach Angaben des Auftraggebers bestand bei den Proben mit dem Index „a“ am Bauwerk noch ein Haftverbund von Altbeton zum Spritzbeton. Die Proben mit dem Index „b“ wurden an hohl liegenden Stellen entnommen.

Zu den genauen Entnahmepunkten liegen keine weiteren Informationen vor.

Zur Untersuchung wurden in Absprache mit dem Auftraggeber der Altbeton der Proben P2.2.a, P2.3.a und P2.4.a.

Die anderen Proben – Altbeton und Spritzbeton – sind als Rückstellmuster eingelagert.

3 Bestimmung des Gehaltes an säurelöslichem Sulfat

Zemente enthalten als Erstarrungsregler gewöhnlich einen Sulfatträger, somit ist Sulfat praktisch Bestandteil jeden Betons. Sulfat kann jedoch in größeren Mengen schädlich für den Beton sein, da überschüssiges Sulfat häufig zu Treiberscheinungen führt. Insbesondere können in erhärteten Beton eingetragene Sulfate - z. B. aus Sulfat-haltigem Grundwasser oder durch biogene Säurekorrosion – auf Grund der Bildung voluminöser Reaktionsprodukte wie Ettringit oder Gips zur Schädigung des Betons führen. Der Sulfat-Gehalt wird daher sowohl im Zement als auch in den Gesteinskörnungen mengenmäßig begrenzt (so in Portlandzement nach DIN EN 197¹ auf 3,5 M-% SO_3 , für hüttensandhaltige Zemente (darunter CEM III A und CEM III B) auf 4,0 M-% SO_3).

Für die Untersuchung wurde der Beton der Bohrkern P2.2.a, P2.3.a und P2.4.a in den Tiefenstufen 0-10 mm, 10-20 mm und 20-30 mm verwendet. Zusätzlich wurde von der Probe P2.2.a die Tiefe 55-56 mm als Referenz präpariert.

Zur Präparation wurden die Betone gesägt, getrocknet, grob zerkleinert und in der Scheibenschwingmühle analysenfein aufgemahlen. Für die Bestimmung des Gesamtsulfat-Gehalts wurde jeweils 1 g des homogenisierten Probenmaterials eingewogen und in Salzsäure aufgeschlossen. Nachfolgend erfolgte eine Fällung mit Bariumchlorid-Lösung als Bariumsulfat. Der Niederschlag wurde anschließend gewaschen, gegläht und der Rückstand gravimetrisch bestimmt. Dabei wird sowohl das CaSO_4 aus Gips als auch aus Ettringit sowie u. U. vorhandenes Anhydrit und Halbhydrat mit erfasst.

Aus dem Bariumsulfat-Gehalt ergibt sich durch stöchiometrische Umrechnung der Gesamtsulfat- bzw. der SO_3 -Gehalt. Aus diesem auf die Einwaage bezogenen Wert ergibt sich der „Gesamtsulfat-Gehalt bezogen auf das Bindemittel“ durch Multiplikation mit dem Faktor 6 für den Beton. Dieser Faktor wurde aus dem abgeschätzten Verhältnis von Zuschlag zu Bindemittel (Masse : Masse) abgeleitet. Der ermittelte Messwert enthält wie oben bereits gesagt, neben den mineralogisch oder technologischen bedingten SO_3 -Gehalten u. U. kritische Mengen an SO_3 , die erst nach der Erhärtung in den Beton eingetragen wurden und dabei je nach Menge das Potential zu einer treibenden Reaktion haben.

Wie Tabelle 1 zu entnehmen, findet sich ein auffällig hoher Sulfat-Gehalt in Bohrkern P2.2.a Tiefenstufe 0-10 mm. Bezogen auf das Bindemittel, also den Zement, beträgt der Gehalt 6,8 M.-%. Gleichfalls erhöhte Werte von > 4,0 M.-% SO_3 finden sich erwartungsgemäß in den obersten Tiefenstufen von P2.3.a und P2.4.a, jeweils 0-10 mm. In den darunterliegenden Tiefenstufen liegen die SO_3 -Gehalte jeweils deutlich unterhalb von 4,0 M.-%.

¹DIN EN 197-1, Teil1, Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
Beuth Verlag, Berlin, 2011-11

Tabelle 1 Gesamt-Sulfatgehalte (als SO_3) bezogen auf die Einwaage bzw. bezogen auf den geschätzten Bindemittelgehalt (Faktor 6 für Beton)

Bohrkern	Tiefe ab Oberkante des Bohrkerns	Gesamtsulfat bezogen auf die Betoneinwaage SO_3 [M.-%]	Gesamtsulfat bezogen auf das Bindemittel SO_3 [M.-%]
2.2.a	0-10	1,14	6,84
	10-20	0,48	2,88
	20-30	0,57	3,42
	55-65	0,62	3,72
2.3.a	0-10	0,93	5,58
	10-20	0,57	3,42
	20-30	0,25	1,50
2.4.a	0-10	0,69	4,14
	10-20	0,38	2,28
	20-30	0,43	2,58

Die Ergebnisse lassen folgende Folgerung zu:

Innerhalb der 10 mm ab aktueller Altbeton-Oberfläche sind Sulfat-Gehalte nachweisbar, die als potentiell kritisch auf Grund der Möglichkeit zur Bildung treibender Reaktionsprodukte wie Gips oder Ettringit sind.

Die Bildung von Gips ist (näherungsweise) mit einer Verdoppelung des Volumens gegenüber der Ausgangsstoffe verbunden. Beim Ettringit ist die relative Volumenvergrößerung auf Grund des hohen Kristallwasseranteils noch deutlich höher.



4 Mikroskopie

Zur mikroskopischen Untersuchung wurden die Bohrkern- P2.2.a, P2.3.a und P2.4.a verwendet. Es wurde ein Anschliff von einer Schnittfläche des Bohrkerns (Querschnitt) angefertigt, indem diese Fläche mit unterschiedlichen Körnungen geschliffen und poliert wurde. Im Folgenden sind jeweils ein Bild des Anschliffs und mikroskopische Detailabbildungen dargestellt und beschrieben.

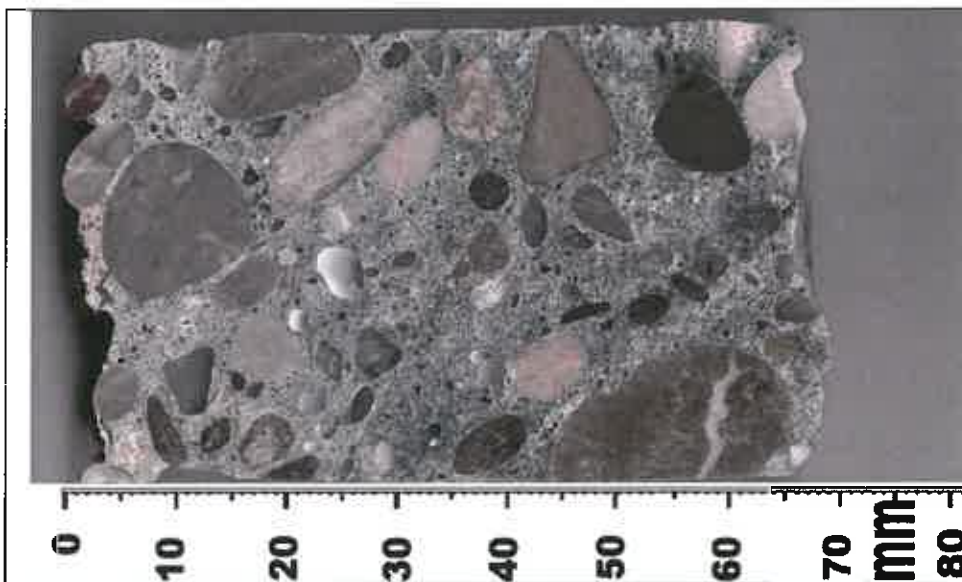


Abbildung 1
Anschliff des
Altbetons von
P2.2.a

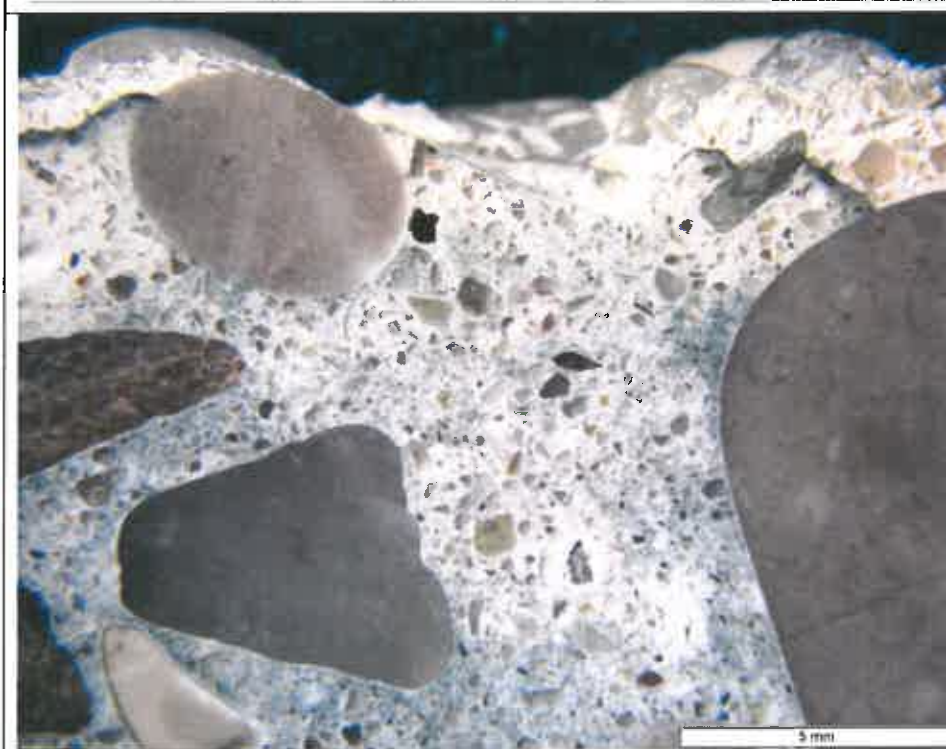


Abbildung 2
oberflächen-
naher Bereich
des Altbetons von
P2.2.a

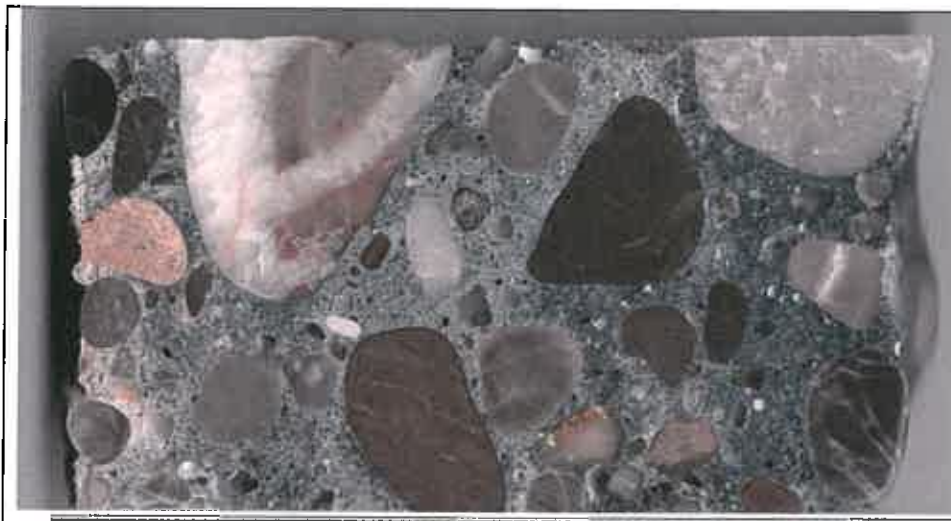


Abbildung 3

**Anschliff des
Altbetons von
P2.3.a**

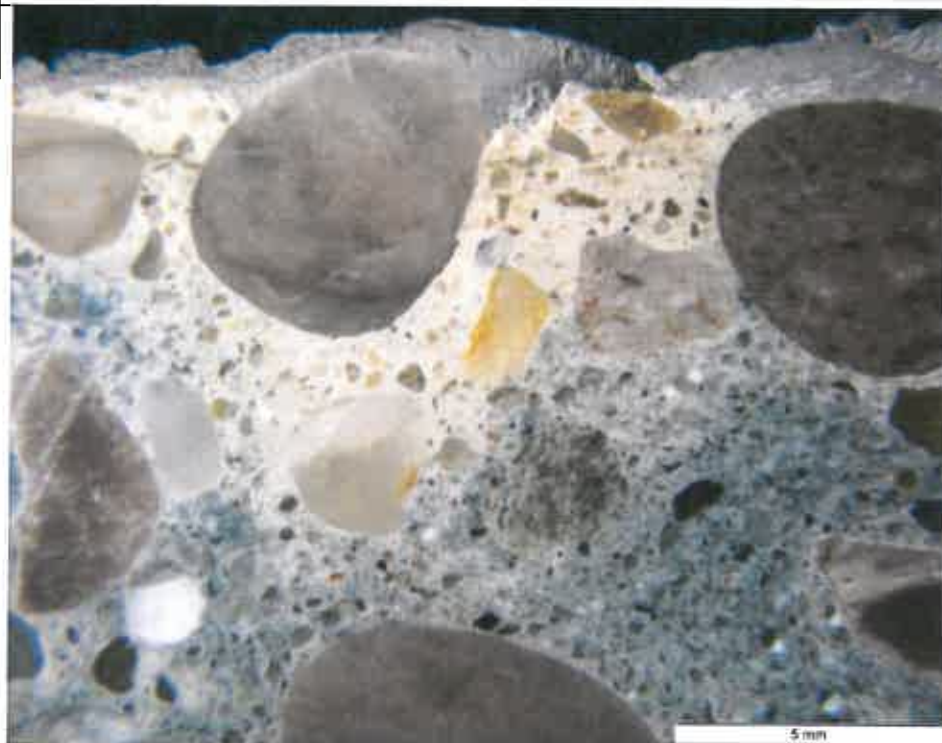


Abbildung 4

**oberflächen-
naher Bereich
des Altbetons von
P2.3.a**

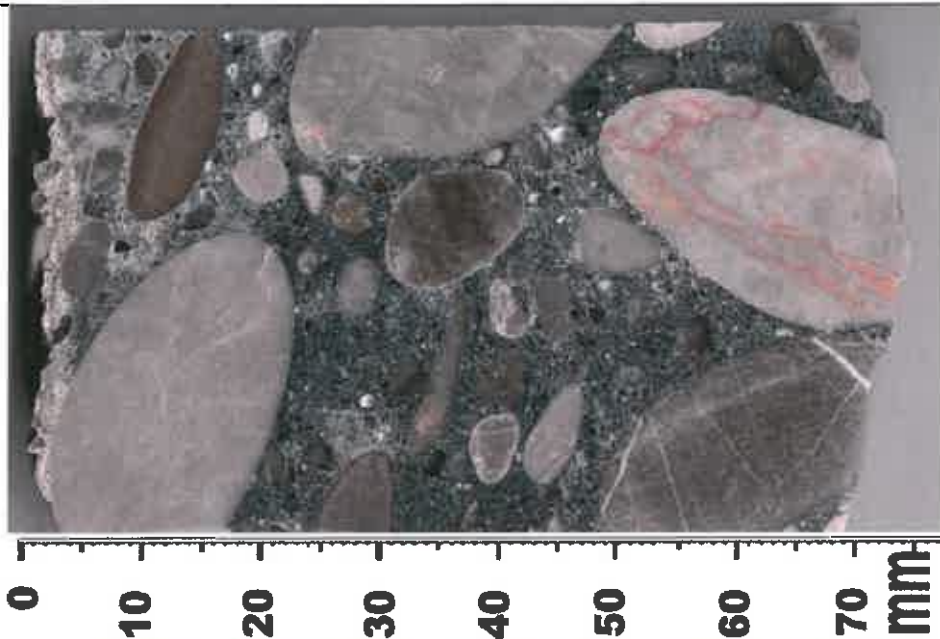


Abbildung 5

**Anschliff des
Altbetons von
P2.4.a**



Abbildung 6

**oberflächen-
naher Bereich
des Altbetons von
P2.4.a**

Die drei untersuchten Anschliffe der Proben P2.2.a, P2.3.a und P2.4.a lassen an der Oberfläche jeweils übereinstimmend einen Bereich erkennen, in dem der Zementstein eine deutlich hellere Farbe angenommen hat. Der oberste Millimeter dieser Zone ist mit der Nadel ritzbar und scheint an Festigkeit verloren zu haben. Darunter ist ein ebenfalls hell gefärbter Bereich zu erkennen (vorgeschädigter Bereich), der zwar eine deutlich höhere Festigkeit aufweist, als die darüber liegende Zone, jedoch z. B. durch Kristallneubildungen verändert ist. Die abgeschätzten

veränderten Zementstein-Zonen der drei untersuchten Bohrkerns sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 2 Aus der Mikroskopie abgeschätzte veränderte Bereiche des oberflächennahen Altbetons

	Stark veränderter Zementstein	Veränderter Zementstein
P2.2.a	5,5 mm	weitere 5,5 mm
P2.3.a	4,3 mm	weitere 6,4 mm
P2.4.a	2,6 mm	weitere 2,4 mm

5 Röntgendiffraktometrie zur Identifizierung von schädigenden Mineralphasen

Es wurde der Mineral- bzw. Phasengehalt im veränderten oberflächennahen Bereich des Betons mittels Röntgendiffraktometrie (Röntgenbeugungsanalyse, powder x-ray diffraction, PXRD) bestimmt. Mit dieser Methode können kristalline Substanzen aufgrund ihrer spezifischen Kristallstrukturen identifiziert werden. Amorphe Phasen können nicht identifiziert werden, kryptokristalline Substanzen nur begrenzt. Es wurde der Bestand an kristallinen Haupt- und Neben-Mineralphasen bestimmt.

Es wurde Bereiche der hell verfärbten Oberflächen des Altbetons der Probe P2.2.a und P2.3.a verwendet und auf dem Fokussiertisch des Röntgendiffraktometers untersucht. Es handelt sich dabei um den farblich stark veränderten Beton direkt unterhalb der ursprünglich vorhandenen Spritzmörtelschicht. Die röntgendiffraktometrischen Untersuchungen wurden an einem Gerät PANalytical EMPYREAN mit Cu- Röntgenröhre unter folgenden Messbedingungen durchgeführt:

- Spannung/Stromstärke: 40kV/40mA
- automatische Divergenzblende
- Schrittgröße: $0,0131^\circ 2\Theta$
- Zeit/ Schritt: 94 s
- Goniometerradius: 240 mm
- Messbereich: $5-65^\circ 2\Theta$

Die erhaltenen Diffraktogramme wurden mit der Software X'Pert HighScore bearbeitet, wobei zunächst Peaks automatisch gesucht, die Vorschläge anschließend auf Validität überprüft und gegebenenfalls korrigiert bzw. per Hand nachgefittet wurden. Die Suche nach den entsprechenden in der Datenbank (ICSD – minerals) enthaltenen Substanzen (patterns) ergab die in den nachfolgenden Abbildungen ausgewiesenen Minerale.

Im Folgenden sind die Abbildungen der ausgewerteten Diffraktogramme dargestellt.

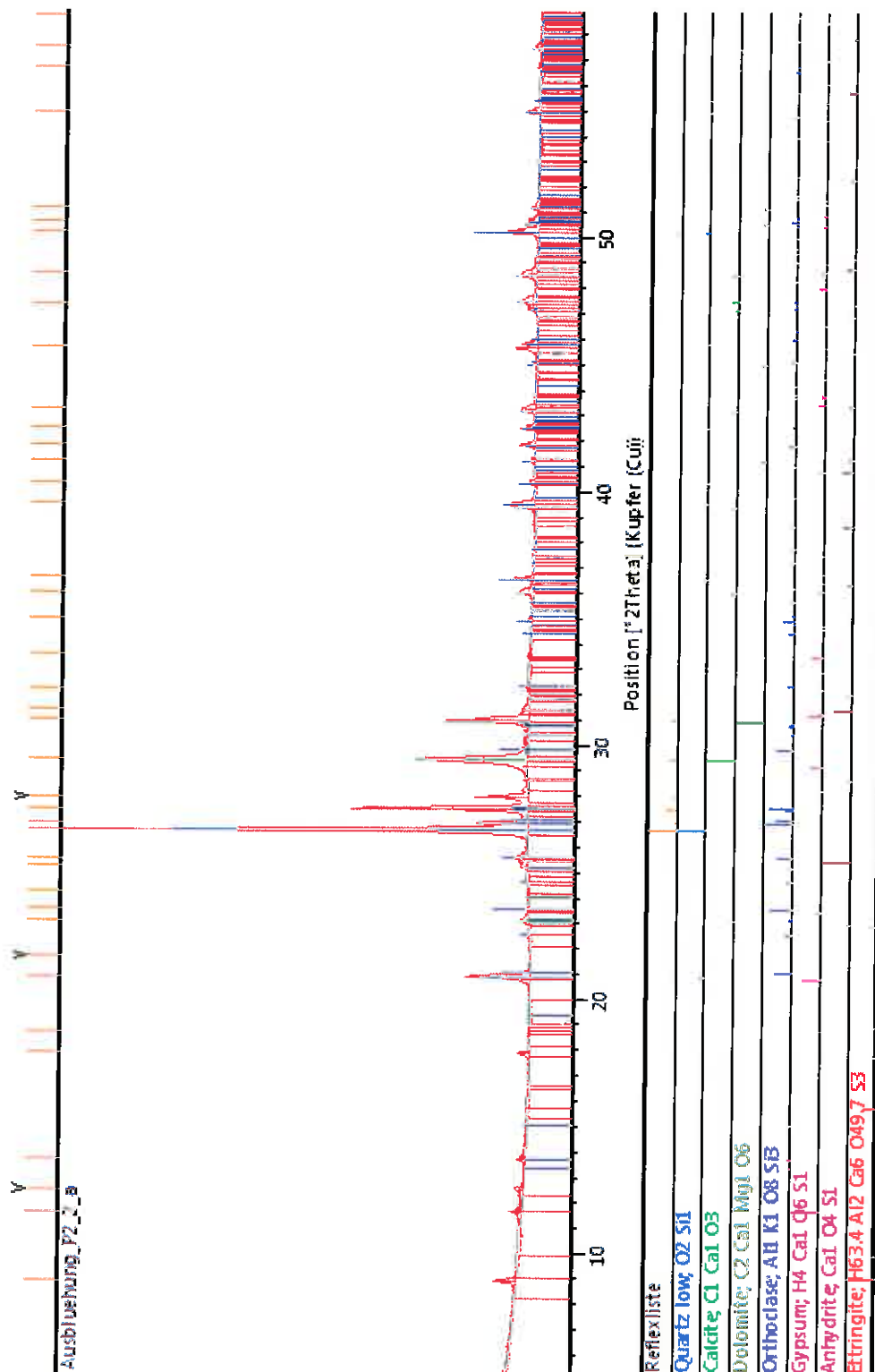


Abbildung 7: Ausgewertetes Diffraktogramm der Oberfläche des Altbetons (Probe P2.2.a), 5 bis 60° 2θ

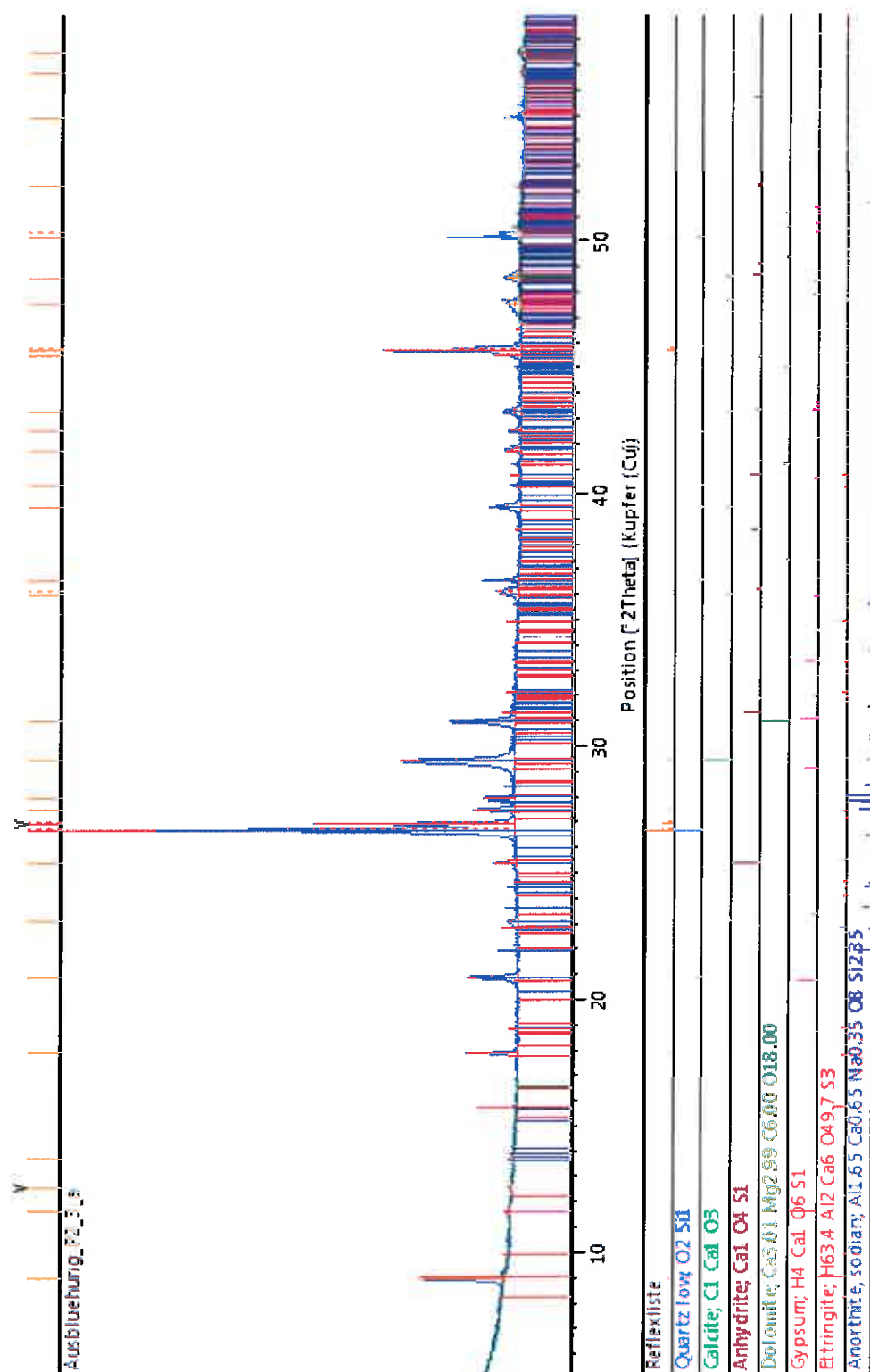


Abbildung 8: Ausgewertetes Diffraktogramm der Oberfläche des Altbetons (Probe P2.3.a), 5 bis 60°2 θ

Tabelle 3 Aufstellung der mittels XRD ermittelten mineralischen Phasen**P2.2.a**

Mineral	Chem. Formel	Erläuterung
Quarz	O2 Si1	Gesteinskörnung
Calcit	C1 Ca1 O3	Teil der Gesteinskörnung und / oder des Bindemittels
Dolomit	C2 Ca1 Mg1 O6	Gesteinskörnung
Orthoklas	Al1 K1 O8 Si3	Gesteinskörnung
Gips	H4 Ca1 O6 S1	Reaktionsprodukt des Bindemittels
Anhydrit	Ca1 O4 S1	Teil der Gesteinskörnung und / oder des Bindemittels
Ettringit	H63.4 Al2 Ca6 O49.7 S3	Reaktionsprodukt des Bindemittels

P2.3.a

Mineral	Chem. Formel	Erläuterung
Quarz	O2 Si1	Gesteinskörnung
Calcit	C1 Ca1 O3	Teil der Gesteinskörnung und / oder des Bindemittels
Anhydrit	Ca1 O4 S1	Teil der Gesteinskörnung und / oder des Bindemittels
Dolomit	Ca3.01 Mg2.99 C6.00 O18.00	Gesteinskörnung
Gips	H4 Ca1 O6 S1	Reaktionsprodukt des Bindemittels
Ettringit	H63.4 Al2 Ca6 O49.7 S3	Reaktionsprodukt des Bindemittels
Anorthit, Natrium	Al1.65 Ca0.65 Na0.35 O8 Si2.35	Gesteinskörnung

Beide untersuchte Oberflächen des Altbetons der Bohrkern P2.2.a und P2.3.a weisen die in Hinblick auf mögliche Treibreaktionen als kritisch anzusehenden Sulfat-haltigen Mineralphasen Gips und Ettringit auf. Es ist mit hoher Sicherheit anzunehmen, dass es sich bei dem festgestellten Ettringit um sekundär gebildetes Ettringit handelt.

Anhang 1 – Probendokumentation



Abbildung 9 Bohrkern P2.2.a;
Mantelfläche



Abbildung 10 Bohrkern P2.2.a;
Links: Ablösefläche des
Spritzbetons
Rechts: Ablösefläche des
Altbetons



Abbildung 11 Bohrkern P2.2.b
Mantelfläche



Abbildung 12 Bohrkern P2.2.b

Links: Ablösefläche des
Spritzbetons

Rechts: Ablösefläche des
Altbetons



Abbildung 13 Bohrkern P2.3.a;

Mantelfläche

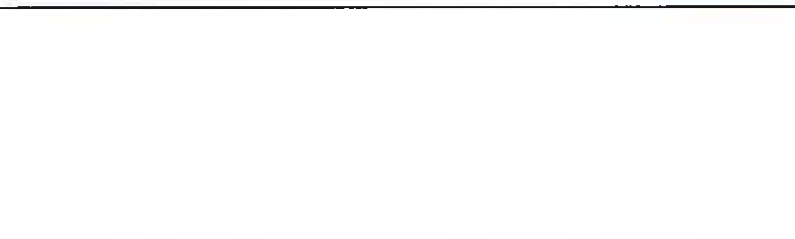


Abbildung 14 Bohrkern P2.3.a;

Links: Ablösefläche des
Spritzbetons

Rechts: Ablösefläche des
Altbetons



Abbildung 15 Bohrkern P2.3.b

Mantelfläche



Abbildung 16 Bohrkern P2.3.b

Links: Ablösefläche des
Spritzbetons

Rechts: Ablösefläche des
Altbetons



Abbildung 17 Bohrkern P2.4.b

Links: Ablösefläche des
Spritzbetons

Rechts: Ablösefläche des
Altbetons



Abbildung 18 Bohrkern P2.5.a

Mantelfläche



Abbildung 19 Bohrkern P2.5.a

Links: Ablösefläche des
Spritzbetons

Rechts: Ablösefläche des
Altbetons



Abbildung 20 Bohrkern P2.5.b

Mantelfläche



Abbildung 21 Bohrkern P2.5.b

Links: Ablösefläche des
Spritzbetons

Rechts: Ablösefläche des
Altbetons



Abbildung 22 Bohrkern P2.5.c
Mantelfläche



Abbildung 23 Bohrkern P2.5.c
Links: Ablösefläche des
Spritzbetons
Rechts: Ablösefläche des
Altbetons



Abbildung 24 Bohrkern P HZ5
Mantelfläche



Abbildung 25 Bohrkern P HZ5

Ablösefläche des Altbetons

A21



Technische Universität München



cbm - Centrum Baustoffe
und Materialprüfung
MPA BAU,
Abteilung Baustoffe

Baumbachstraße 7
81245 München
Germany

Tel +49.89.289.27066
Fax +49.89.289.27069
www.cbm.bgu.tum.de

TUM · MPA BAU · Abteilung Baustoffe
Baumbachstr. 7 · 81245 München · Germany

PLANNERER + PARTNER
Ingenieure und Sachverständige
Gumstr. 8 b
82152 Planegg b. München

EINGEGANGEN

13. Okt. 2015

UNTERSUCHUNGSBERICHT

Nr.: 10-15-0100

AG Bindemittel und
Zusatzstoffe

Datum
22.09.15

Unser Zeichen
Ur/KF/D

Betrifft: Mikroskopische Untersuchung an Betonproben

Bezug: Auftrag durch Herrn Dr.-Ing. Markus Plannerer / 28.07.2015

Dieser Bericht umfasst:
16 Textseiten (inkl. Deckblatt)

Der Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine gekürzte oder eine auszugsweise Vervielfältigung sowie eine Veröffentlichung in Druckschriften sind nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Materialprüfungsamtes zulässig. Das Probenmaterial wird, sofern keine andere Vereinbarung getroffen wurde, vier Wochen nach Erstellung des Berichtes vernichtet.

1. Auftrag

Am 28.07.15 beauftragte Herr Dr.-Ing. Markus Plannerer von der Fa. PLANNERER + PARTNER Ingenieure und Sachverständige das cbm, Centrum Baustoffe und Materialprüfung, mikroskopische Untersuchungen an mehreren Beton- und Mörtelproben durchzuführen.

2. Proben

Die Betonproben wurden von Herrn Dr. Schmidt, PLANNERER + PARTNER, am 28.07.15 dem cbm übergeben. Auf den Proben wurden bereits vorgegebene Bereiche gekennzeichnet, von denen Dünnschliffe zur Untersuchung mittels Polarisationsmikroskopie angefertigt wurden. Die übergebenen Proben und die dazu angefertigten Dünnschliffe sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Dünnschliffbezeichnung aus Tabelle 1 wird in den weiteren Ausführungen beibehalten.

Tabelle 1: Übersicht - Proben und angefertigte Dünnschliffe

Probenbezeichnung	Dünnschliffbezeichnung	Bemerkung
Bohrkern Altbeton, Stelle H3	A1	Hohllage zwischen Altbeton und 1. Lage Spritzmörtel
Platte Spritzmörtel, Stelle H3	A2	Hohllage zwischen Altbeton und 1. Lage Spritzmörtel
Bohrkern Altbeton + Spritzmörtel, Stelle H1	B	Bruch zwischen Altbeton und 1. Lage Spritzmörtel beim bohren
Platte Spritzmörtel, Stelle H1	E	Hohllage zwischen 1. Lage und 2. Lage Spritzmörtel
Bohrkern Altbeton + Spritzmörtel, Stelle N2	C	Verbund zwischen Altbeton, der 1.Lage und der 2. Lage des Spritzmörtels intakt
	D	

3. Mikroskopische Untersuchung

Von den Betonproben wurden Dünnschliffe angefertigt. Die Dünnschliffe wurden mit einem gelbpigmentierten fluoreszierenden Harz präpariert, um Hohllagen, Risse sowie Poren – v.a. durch die Betrachtung mittels UV-Licht - besser von den restlichen Komponenten des Betons hervorzuheben. Im Vorfeld zur Untersuchung mittels Polarisationsmikroskop wurden Übersichtsaufnahmen der Dünnschliffe angefertigt, um darüber eine „mesoskopische“ Beurteilung der Proben vornehmen zu können.

Dünnschliff A1:

Dünnschliff A1 wurde aus einem Bereich des „Altbetons“ angefertigt, in dem die Oberfläche des Altbetons zur Verbundfuge zum Spritzmörtel mit enthalten ist (Abbildung 1). Der Randbereich von Dünnschliff A1 ist durch eine Alteration gekennzeichnet, die sich bis in eine Tiefe von rd. 3 mm feststellen lässt. Der alterierte Randbereich ist durch drei unterschiedliche Zonen gekennzeichnet (Abbildung 2 und Abbildung 3). Die äußerste Zone (AZ-1) ist nur an einigen Stellen vorhanden. Die zweite Alterationszone (AZ-2) besteht aus einem dichten Betongefüge, welches sich im Dünnschliff in Form einer dunklen, leicht bräunlichen Farbgebung der Bindemittelmatrix äußert. Die Mächtigkeit dieser Zone schwankt zwischen

1,2 und 2,1 mm. Die anschließende alterierte Zone (AZ-3) ist hingegen durch eine deutlich höhere Porosität gekennzeichnet und besitzt eine Mächtigkeit von 0,3 bis 1,3 mm. Unterhalb der Zone AZ-3 schließt der nicht alterierte Bereich des Altbetons an. Aus der Betrachtung mittels UV-Licht geht hervor, dass sowohl der alterierte Bereich als auch der ungestörte nicht alterierte Altbeton stellenweise Mikrorisse aufweist (Abbildung 3 und Abbildung 4). Im nicht alterierten Altbeton sind an den Rändern der Luftporen mehrfach nadelige randständige Ettringitaufwachsungen vorhanden. Die Luftporen sind, abgesehen von sehr kleinen Poren, nicht vollständig mit Ettringit gefüllt (Abbildung 4). Ein Zusammenhang zwischen Mikrorissen und Ettringitbildung ist nicht zu erkennen.

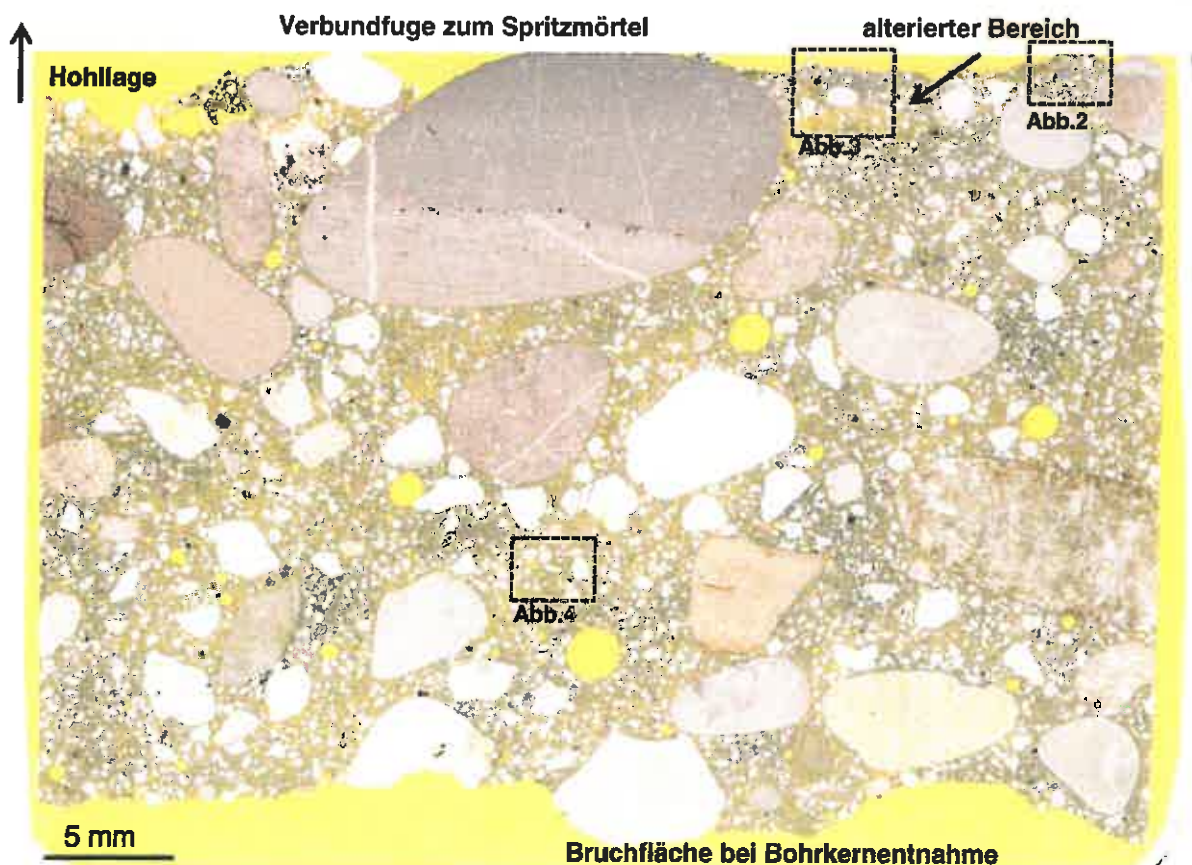


Abbildung 1: Übersicht Dünnschliff „A1“ mit den markierten Bereichen, aus denen die lichtmikroskopischen Aufnahmen der nachfolgenden Abbildungen stammen.

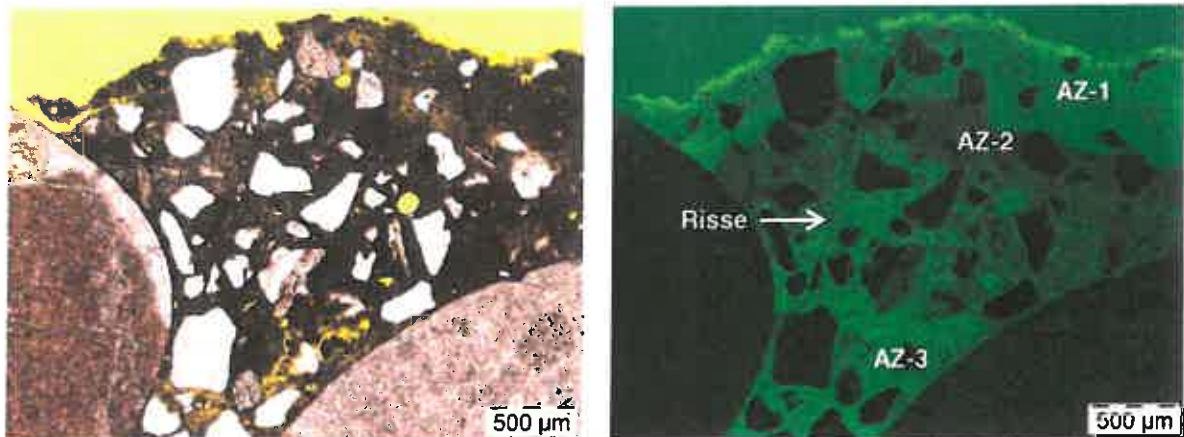


Abbildung 2: Mikroskopische Aufnahme des Randbereichs des Altbetons mit den 3 Alterationszonen (AZ-1, AZ-2 und AZ-3); links – Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; rechts – UV-Lichtaufnahme; Dünnschliff A1

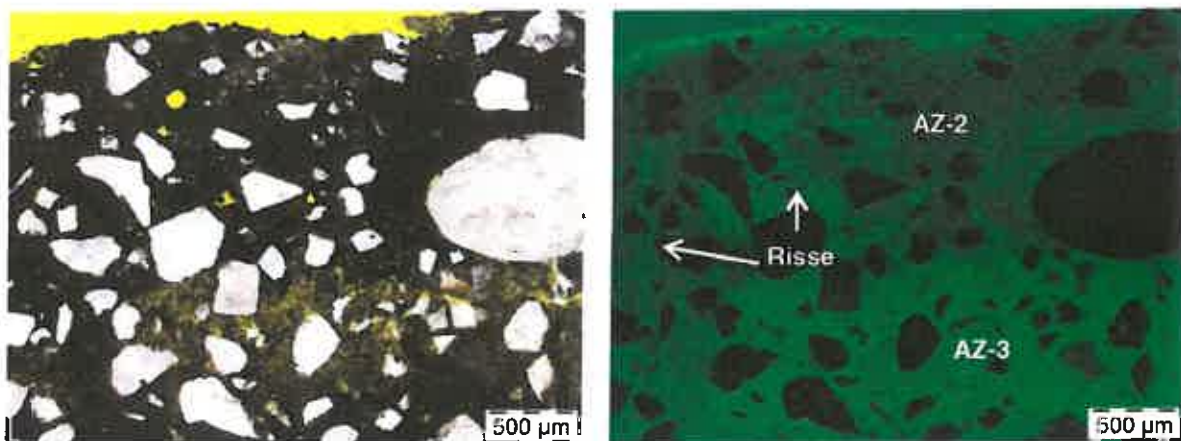


Abbildung 3: Mikroskopische Aufnahme des Randbereichs des Altbetons mit den 2 Alterationszonen (AZ-2 und AZ-3); links – Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; rechts – UV-Lichtaufnahme; Dünnschliff A1

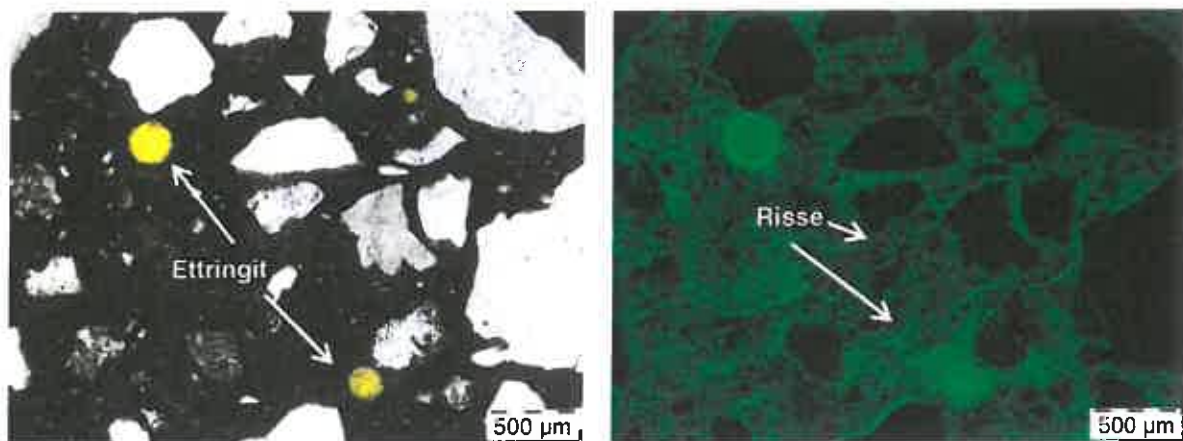


Abbildung 4: Mikroskopische Aufnahme des inneren nicht alterierten Gefüges des Altbetons. Porenränder mit nadeligen Ettringitaufwachsungen. Das Gefüge enthält Mikrorisse; links – Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; rechts – UV-Lichtaufnahme; Dünnschliff A1

Dünnschliff A2:

Dünnschliff A2 wurde im Bereich der Verbundfuge Altbeton zu 1. Lage Spritzmörtel gefertigt (Abbildung 5). Das Gefüge der 1. Lage Spritzmörtel ist darüber gekennzeichnet, dass ausgehend von der Verbundfuge zum Altbeton bis in ca. 6 mm Tiefe längliche Poren auftreten (Abbildung 6). Charakteristischerweise sind diese Poren zwischen Gesteinskörnern und Bindemittelmatrix vorhanden. Kennzeichnend ist dabei, dass diese dominierend an jener Seite der Gesteinskörner auftreten, die zur Verbundfuge ausgerichtet ist. Im tiefer liegenden Bereich weist das Spritzmörtelgefüge keine weiteren Auffälligkeiten auf (Abbildung 7).

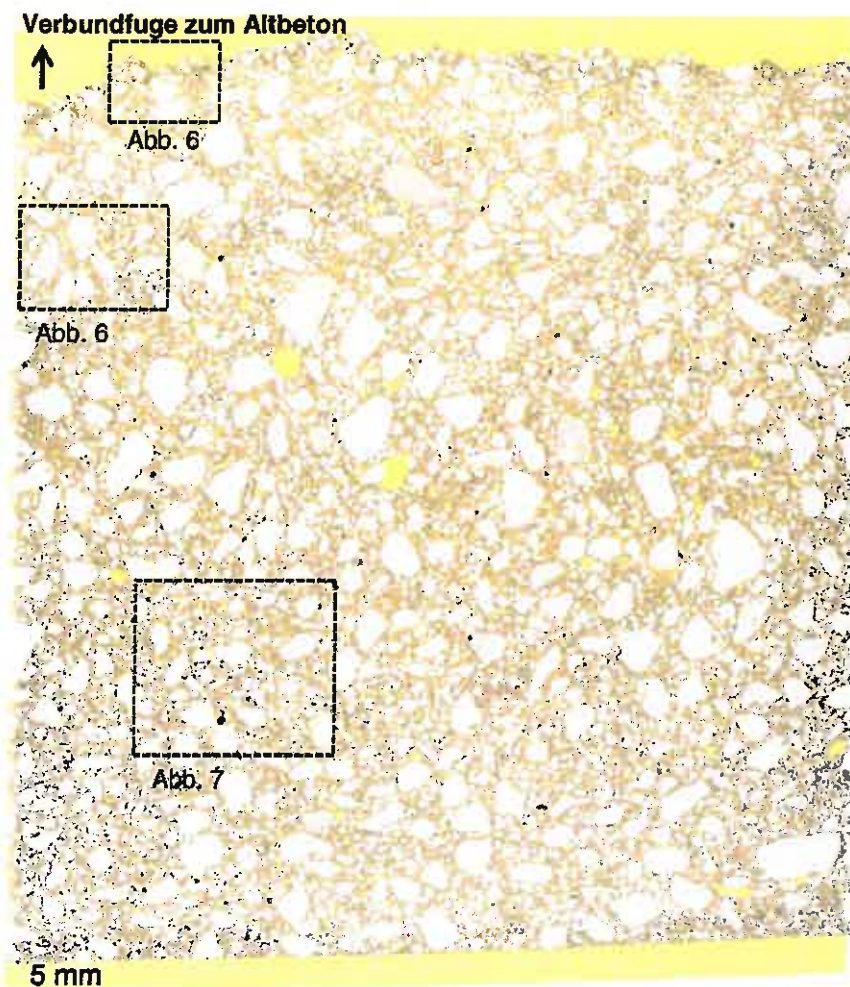


Abbildung 5: Übersicht Dünnschliff „A2“ mit den markierten Bereichen, aus denen die lichtmikroskopischen Aufnahmen der nachfolgenden Abbildungen stammen.

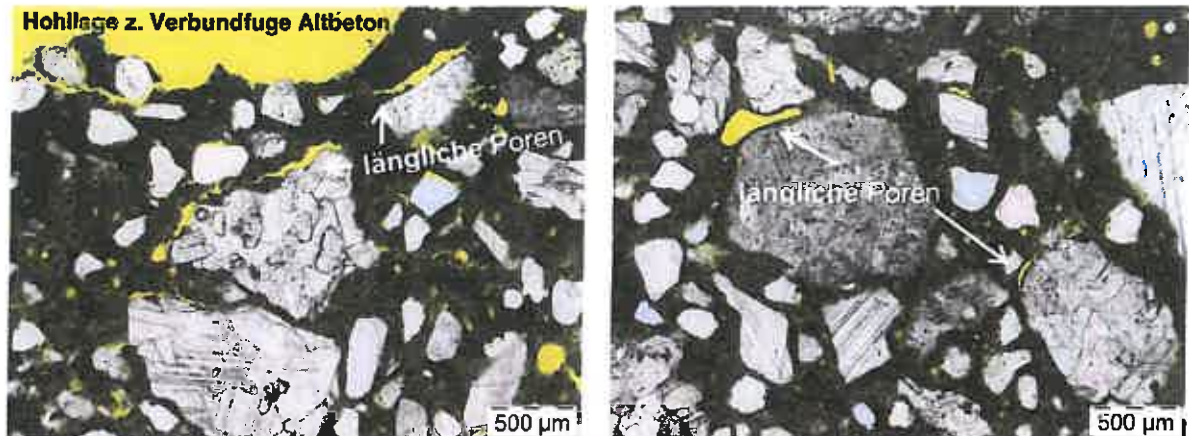


Abbildung 6: Mikroskopische Aufnahme des Spritzmörtels mit länglichen Poren; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff A2

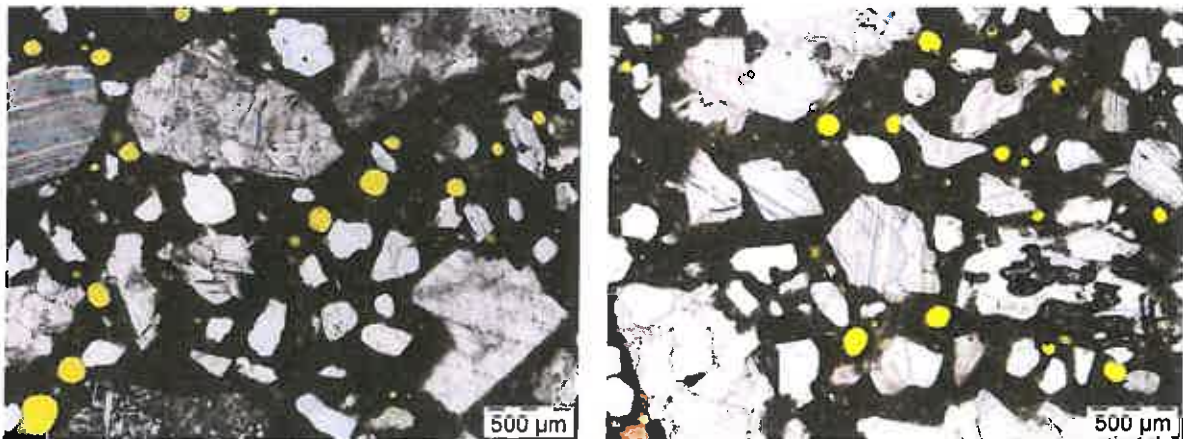


Abbildung 7: Mikroskopische Aufnahme des Spritzmörtelgefüges mit runden Poren; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff A2

Dünnschliff B:

Dünnschliff B enthält einen gemeinsamen Ausschnitt von Altbeton und Spritzmörtel. Bei dem enthaltenen Spritzmörtel handelt es sich um die erste Spritzmörtellage, die auf den Altbeton aufgebracht wurde. Der Randbereich dieser ersten Spritzmörtellage (unterer Bildausschnitt in Abbildung 8) ist durch eine Verbundfuge gekennzeichnet, an welcher sich die zweite Spritzmörtellage von der ersten gelöst hat (pers. Mitteilung durch Herrn Dr. Schmidt). Der Riss in der Verbundfuge zwischen Altbeton und 1. Lage Spritzmörtel resultiert nach Aussage von Herrn Dr. Schmidt durch einen Abbruch im Zuge der Bohrkernentnahme.

Im Altbeton können die gleichen Merkmale festgestellt werden, die bereits im Dünnschliff A1 beschrieben wurden. Gleichmaßen besteht der Randbereich aus drei Alterationszonen (Abbildung 9), wobei die äußerste Zone AZ-1 nicht an allen Stellen vorliegt. Der nicht alterierte Bereich ist durch das systematische Auftreten von Mikrorissen und randständiger, nadeliger Ettringitaufwachsungen an den Rändern der Luftporen gekennzeichnet (Abbildung 10). Im Bereich der Verbundfuge zwischen Altbeton und 1. Lage Spritzmörtel sind keine Anzeichen feststellbar, die auf Gefügeschädigungen infolge

Treiberscheinungen o.ä. hindeuten. Ebenfalls können im Bereich der aufgetretenen Hohlage zwischen 1. und 2. Spritzmörtellage keine Anzeichen nachgewiesen werden, die auf Schädigungen infolge Treiberscheinungen o.ä. hindeuten (Abbildung 12).

Das Gefüge des Spritzmörtels weist einen intakten Zustand auf. Die Porigkeit ist im Vergleich zum Dünnchliff A2 etwas geringer (vgl. Abbildung 7 und Abbildung 11).

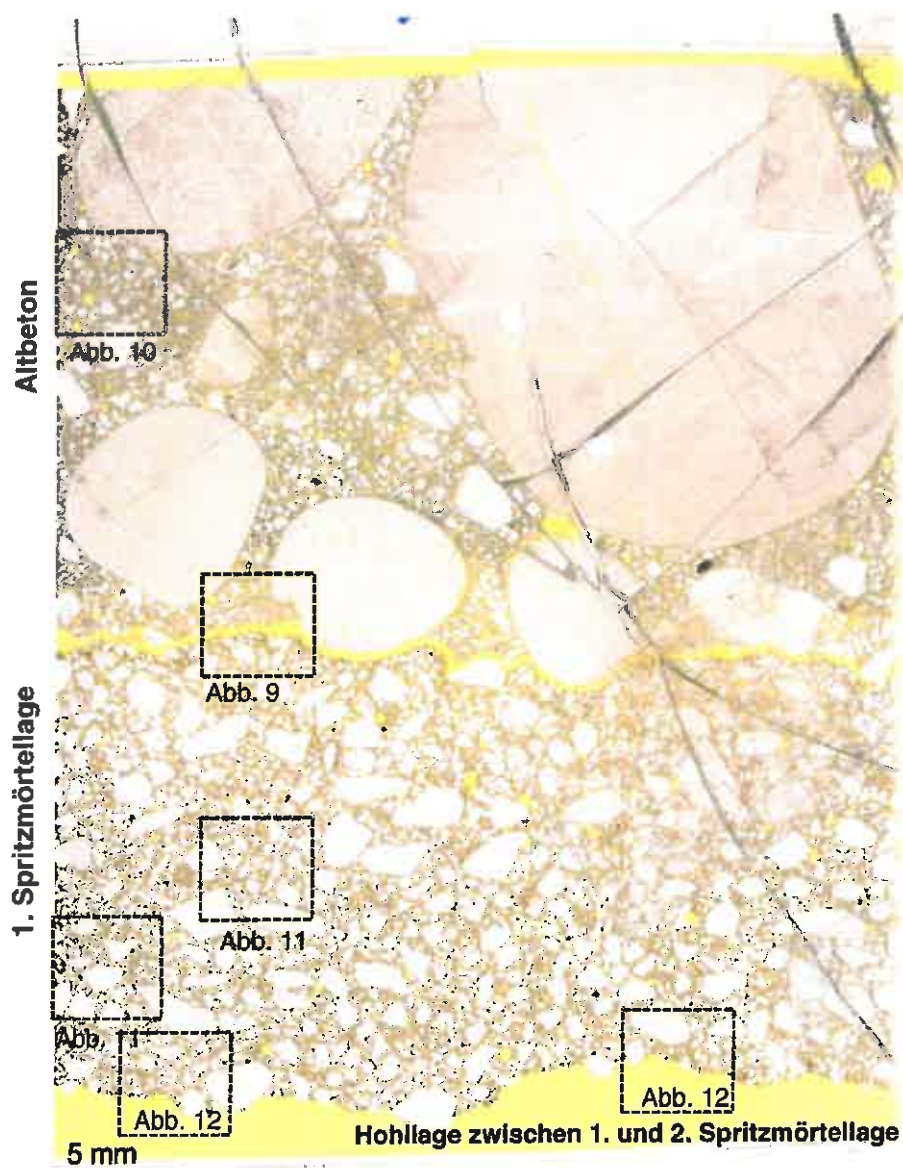


Abbildung 8: Übersicht Dünnschliff „B“ mit den markierten Bereichen, aus denen die lichtmikroskopischen Aufnahmen der nachfolgenden Abbildungen stammen.

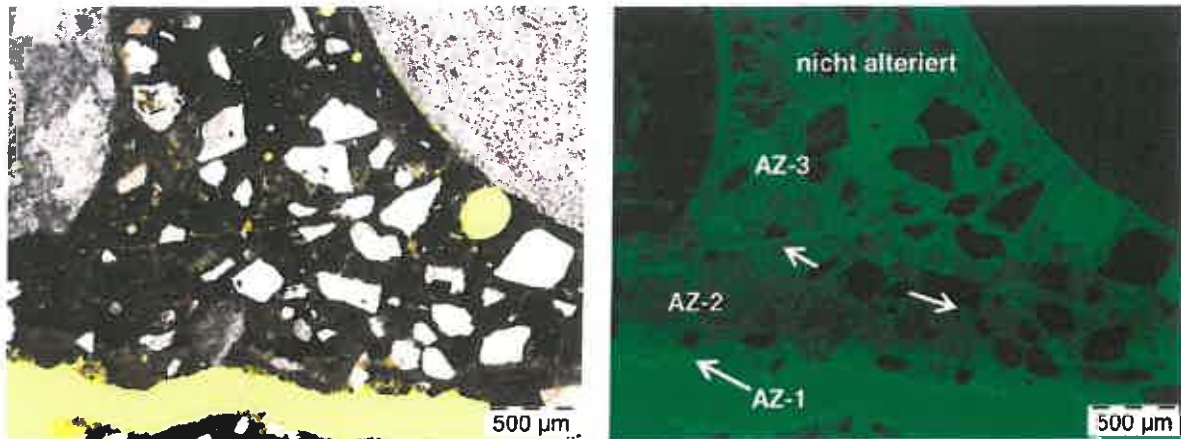


Abbildung 9: Mikroskopische Aufnahme des Altbetons im Bereich der Verbundfuge mit den 3 Alterationszonen (AZ-1, AZ-2 und AZ-3); links – Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; rechts – UV-Lichtaufnahme; Dünnschliff B

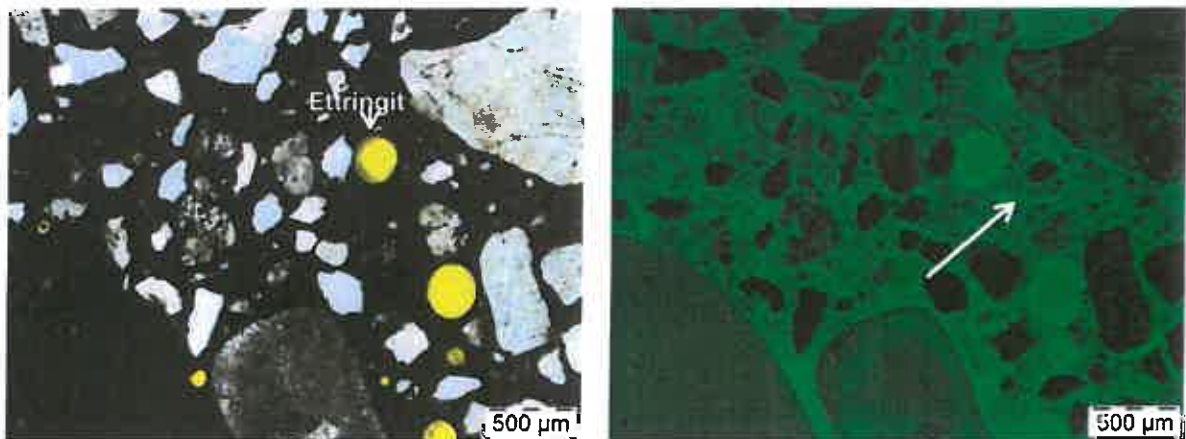


Abbildung 10: Mikroskopische Aufnahme des inneren nicht alterierten Gefüges des Altbetons. Porenränder mit nadeligen Ettringitaufwachsungen. Das Gefüge weist Mikrorisse auf; links – Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; rechts – UV-Lichtaufnahme; Dünnschliff B

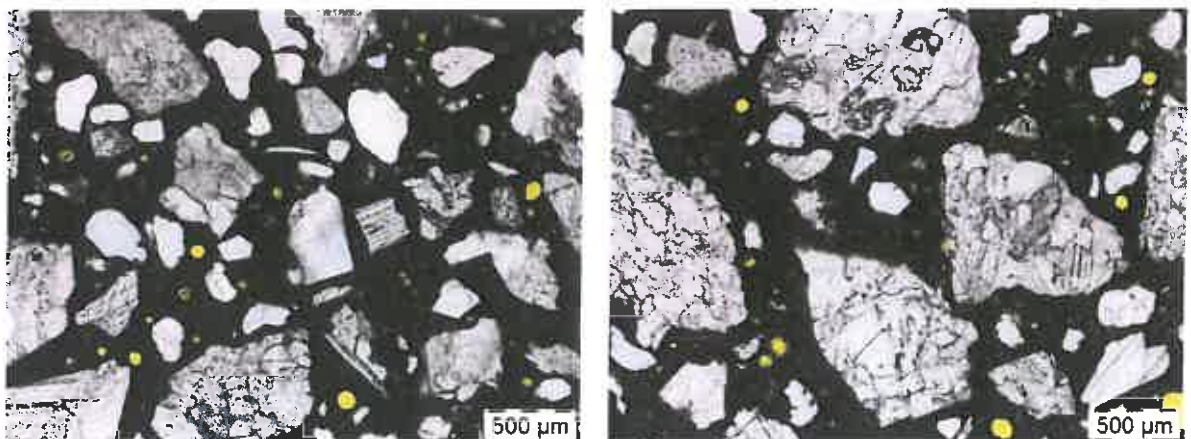


Abbildung 11: Mikroskopische Aufnahme des Spritzmörtelgefüges mit runden Poren; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff B

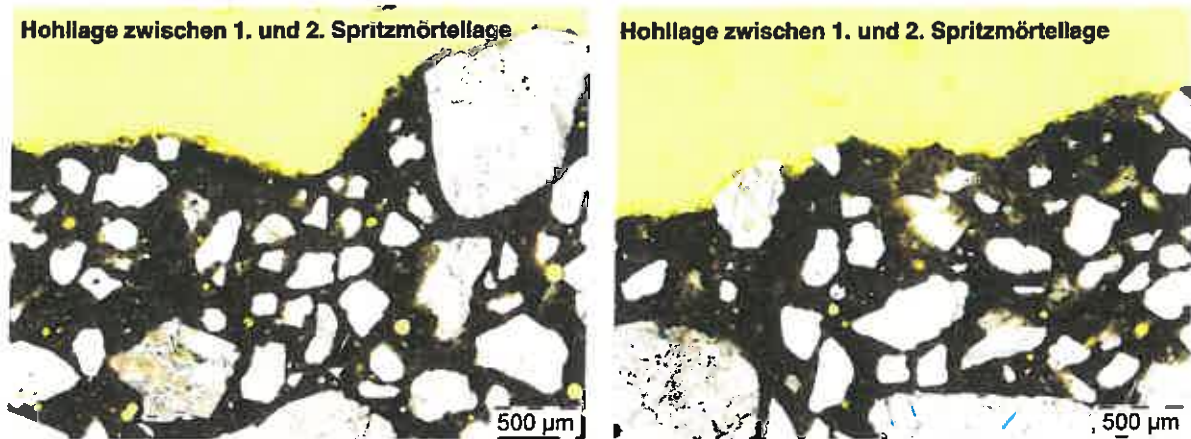


Abbildung 12: Mikroskopische Aufnahme der Verbundzone der 1. Spritzmörtellage zur 2.; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff B

Dünnschliff E:

Dünnschliff E wurde aus einem Bereich der zweiten Spritzmörtellage angefertigt. Der obere Rand bildet die Verbundfläche zur ersten Spritzmörtellage ab, in welcher Hohllagen aufgetreten sind. Im unteren Randbereich des Dünnschliffs E ist der Übergang zu einer weiteren Mörtelschicht erkennbar. Ein charakteristisches Unterscheidungsmerkmal des Dünnschliffs E zu den Schliffen A2 und B ist, dass hier der Spritzmörtel einen wesentlich höheren Porenanteil aufweist (Abbildung 13, Abbildung 14 links). Neben runden Luftporen treten um einige feine Gesteinskörner sowie in der Bindemittelmatrix auch unregelmäßig geformte Poren auf (Abbildung 14 rechts). Im Gefüge der 2. Lage Spritzmörtel können des Weiteren keine Anzeichen auf eine Rissbildung oder sonstige Schädigungen festgestellt werden. Innerhalb der Kontaktzone zwischen der zweiten Spritzmörtellage und der äußeren Mörtelschicht wurde an einer Stelle nadelig auskristallisierter Ettringit festgestellt (Abbildung 15 rechts).

Im Bereich der aufgetretenen Hohlage zur 1. Spritzbetonlage treten keine Anzeichen auf, die auf Schädigungen infolge Treiberscheinungen o.ä. hindeuten (Abbildung 16).

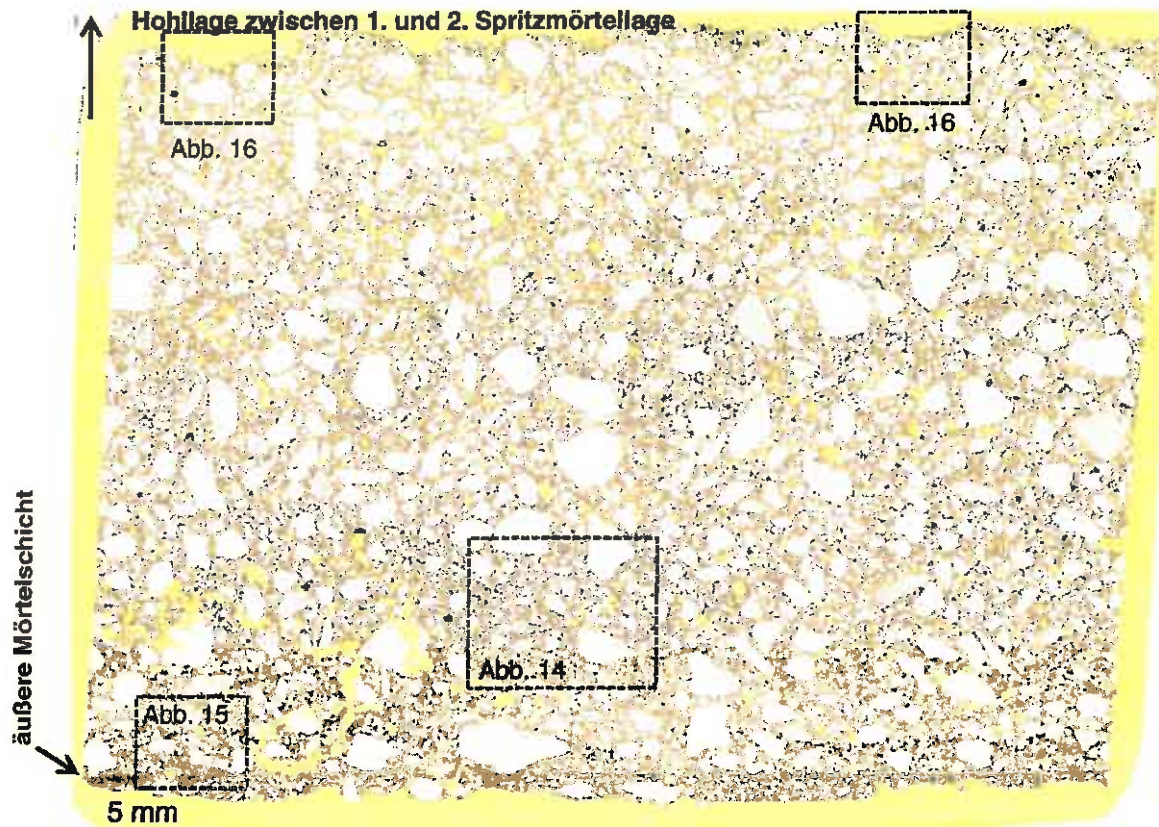


Abbildung 13: Übersicht Dünnschliff „E“ mit den markierten Bereichen, aus denen die lichtmikroskopischen Aufnahmen der nachfolgenden Abbildungen stammen.

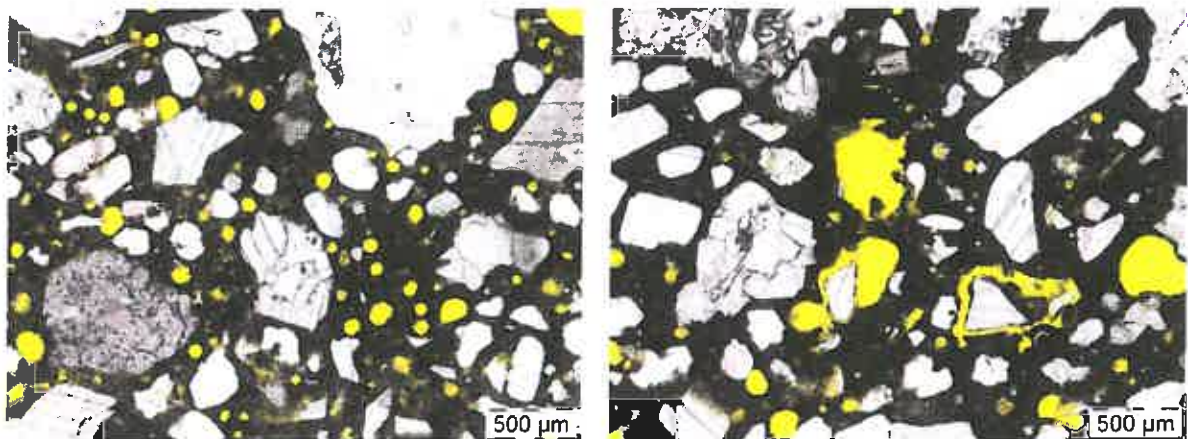


Abbildung 14: Mikroskopische Aufnahme des Spritzmörtelgefüges mit runden Poren (links) und unregelmäßig geformten Poren (rechts); Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff E

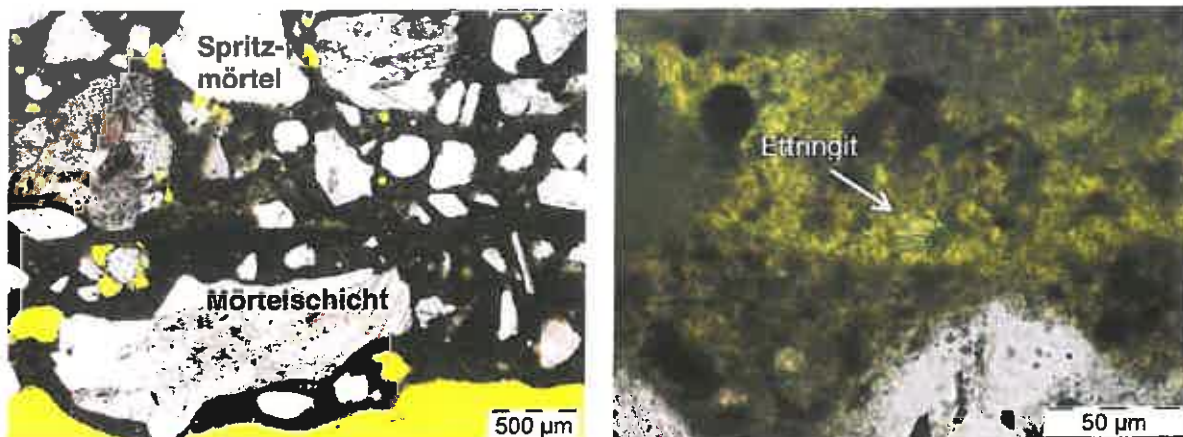


Abbildung 15: Mikroskopische Aufnahme des Kontaktbereichs zwischen 2. Spritzmörtellage und äußerer Mörtelschicht (links). Ausbildung von Ettringit innerhalb der Kontaktzonen zwischen Spritzmörtel und Mörtel; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff E

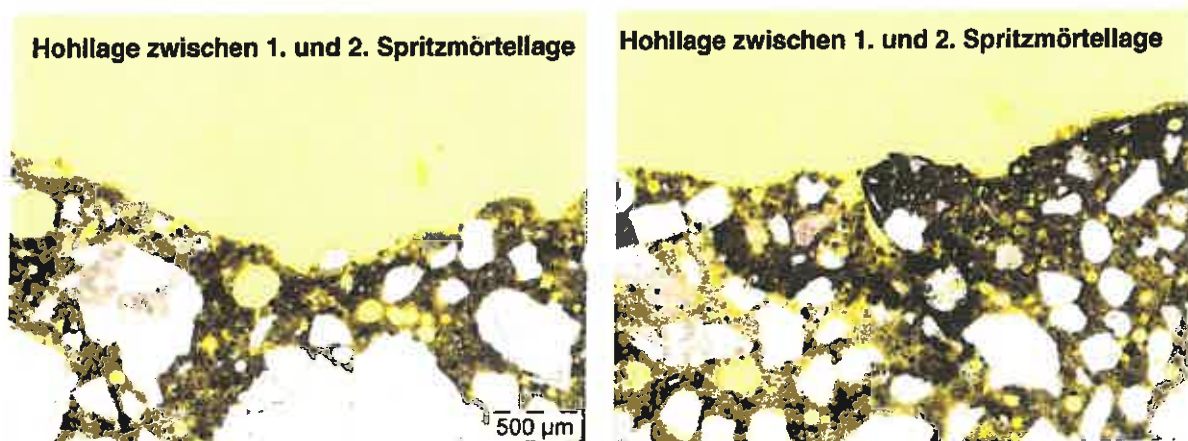


Abbildung 16: Mikroskopische Aufnahme der Verbundzone der 2. Spritzmörtellage zur 1.; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff E

Dünnschliff C:

Dünnschliff C enthält einen gemeinsamen und fest verbundenen Ausschnitt von Altbeton- und Spritzmörtel (Abbildung 17). Im Altbeton können die gleichen Merkmale festgestellt werden, die bereits im Dünnschliff A1 beschrieben wurden. Gleichmaßen besteht der Randbereich aus drei Alterationszonen (Abbildung 19), wobei AZ-1 nicht an allen Stellen vorliegt. Ferner gibt es auch hier Mikrorisse im alterierten und nicht alterierten Gefüge des Altbetons. Gleichmaßen tritt im nicht alterierten Altbeton randständiger Ettringit in Luftporen auf. Ein Zusammenhang zwischen Mikrorissen und Ettringit ist nicht erkennbar.

Der intakte Verbundbereich zwischen Altbeton und Spritzmörtel ist durch eine dunkle Kontaktschicht gekennzeichnet, welche eine höhere Dichtigkeit aufweist. Aufgrund der Feinheit der enthaltenen Bestandteile in dieser Kontaktschicht, ist auf Basis der lichtmikroskopischen Untersuchung keine genauere Charakterisierung dieser Zone möglich.

Das Spritzmörtelgefüge unterscheidet sich hingegen von den Dünnschliffen A2, B und E. Ein auffälliges Merkmal ist, dass in der Probe systematisch unregelmäßig geformte Poren vorliegen. Diese Poren sind

dabei dominierend parallel bis subparallel zur Verbundfuge zum Altbeton ausgerichtet. Eine geringere Anzahl derartiger Poren ist auch vertikal zur Verbundfuge orientiert. Neben den unregelmäßig geformten Poren sind im Beton zusätzlich runde Poren vorhanden, die jedoch in einem geringeren Anteil vorliegen als im Dünnschliff E. Grundsätzlich können weder im Altbeton noch im Spritzmörtel Schäden infolge Treiberscheinungen, o.ä. festgestellt werden.

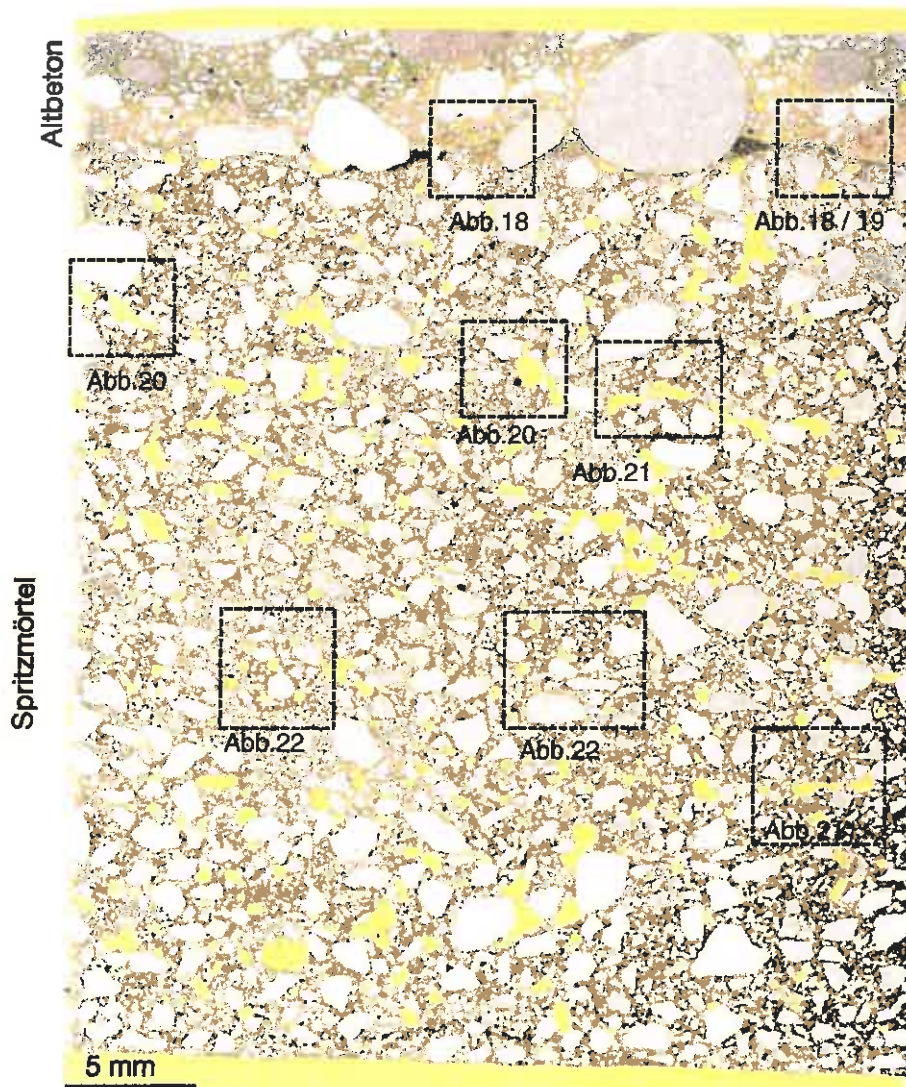


Abbildung 17: Übersicht Dünnschliff „C“ mit den markierten Bereichen, aus denen die lichtmikroskopischen Aufnahmen der nachfolgenden Abbildungen stammen.

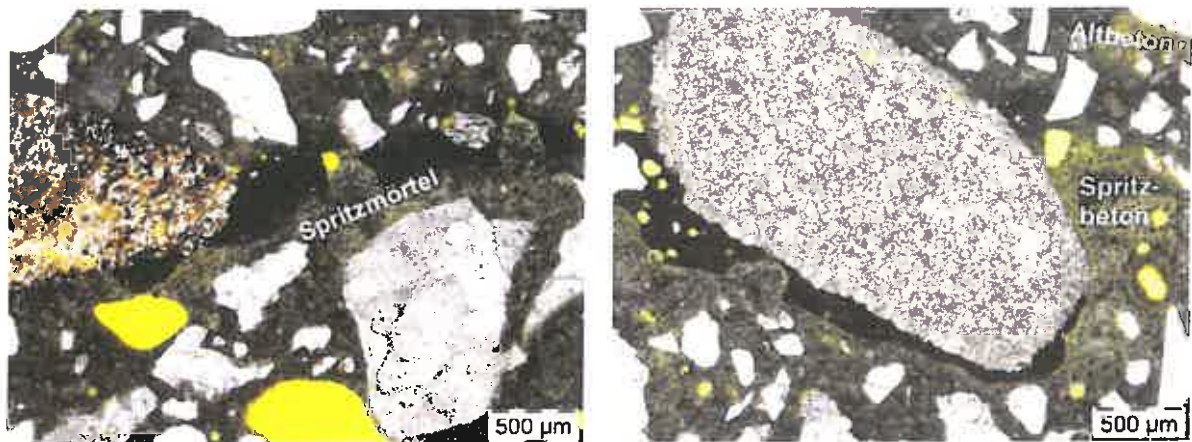


Abbildung 18: Mikroskopische Aufnahme des Kontaktbereiches zwischen Altbeton und Spritzmörtel mit einer dunklen Kontaktschicht im Grenzbereich; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff C

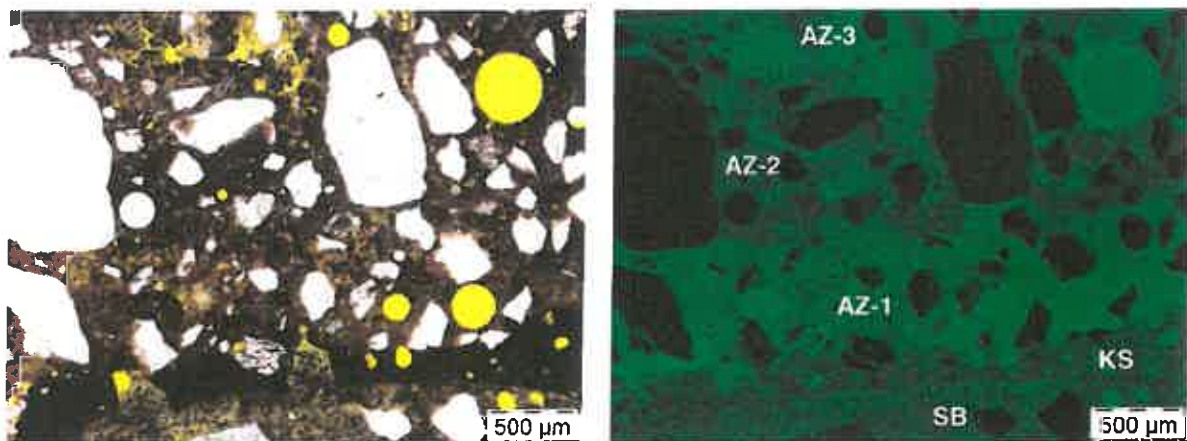


Abbildung 19: Mikroskopische Aufnahme des Kontaktbereiches zwischen Altbeton und Spritzmörtel (SB) mit 3 Alterationszonen im Altbeton (AZ-1, AZ-2 und AZ-3) und Kontaktschicht (KS) im Grenzbereich; links – Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; rechts – UV-Lichtaufnahme; Dünnschliff C

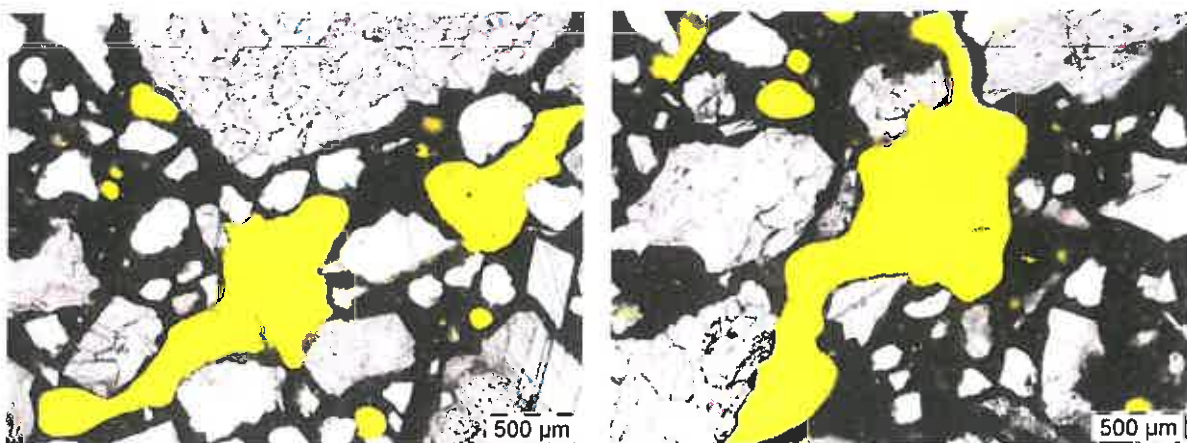


Abbildung 20: Mikroskopische Aufnahme des Spritzmörtels mit unregelmäßig geformten Poren; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff C

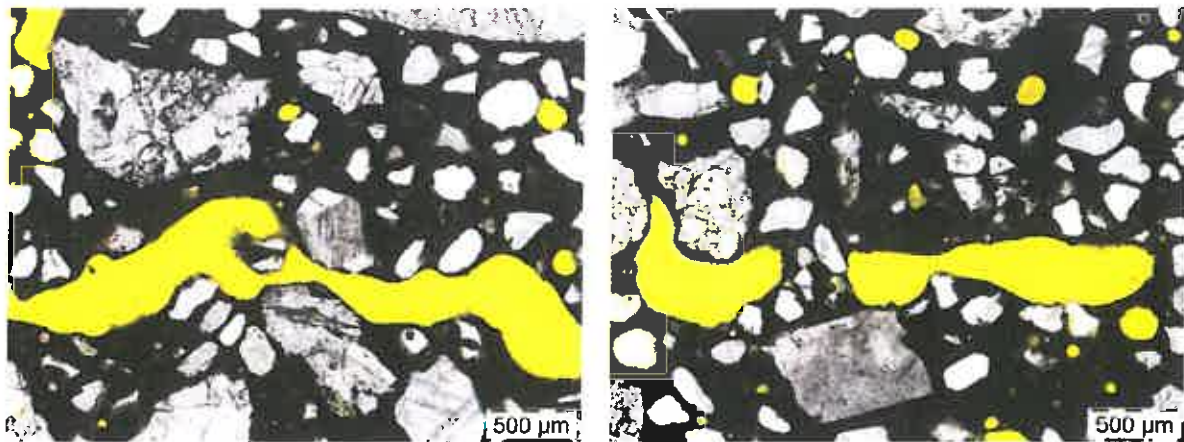


Abbildung 21: Mikroskopische Aufnahme des Spritzmörtels mit unregelmäßig geformten Poren; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff C

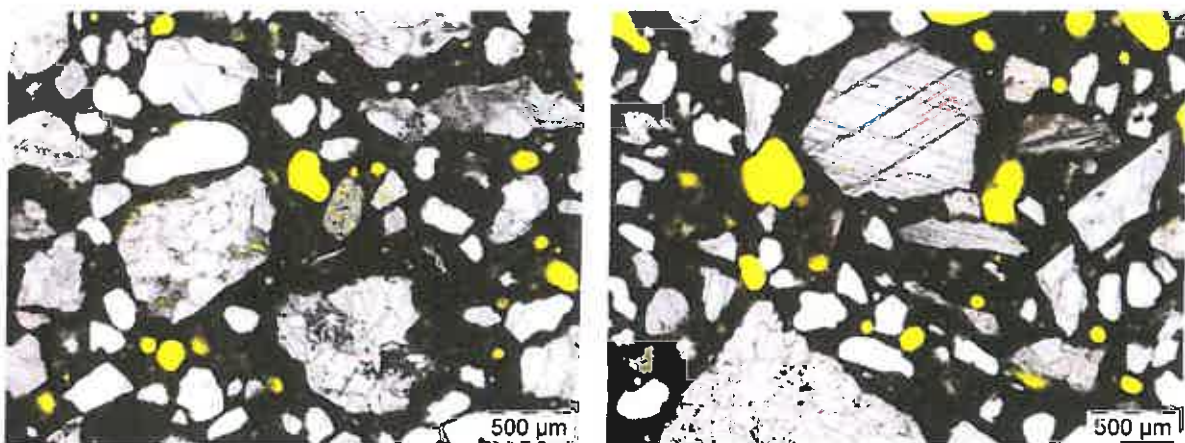


Abbildung 22: Mikroskopische Aufnahme des Spritzmörtelgefüges mit unregelmäßig geformten und runden Poren; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; Dünnschliff C

Dünnschliff D:

Dünnschliff D wurde aus einem Bereich des Altbetons angefertigt. Der alterierte Randbereich zur Verbundfuge ist in dem Dünnschliff nicht enthalten. Der nicht alterierte Bereich ist durch das systematische Auftreten von Mikrorissen und randständiger nadeliger Ettringitaufwachsungen an den Rändern der Luftporen gekennzeichnet.

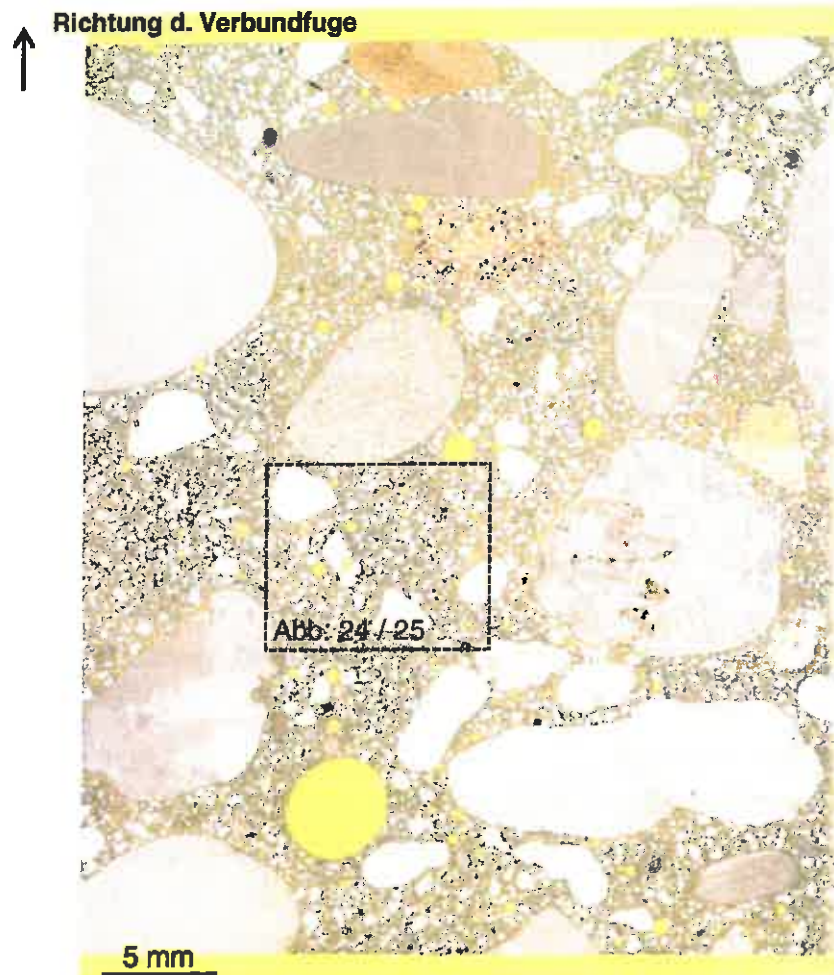


Abbildung 23: Übersicht Dünnschliff „D“ mit den markierten Bereichen, aus denen die lichtmikroskopischen Aufnahmen der nachfolgenden Abbildungen stammen.

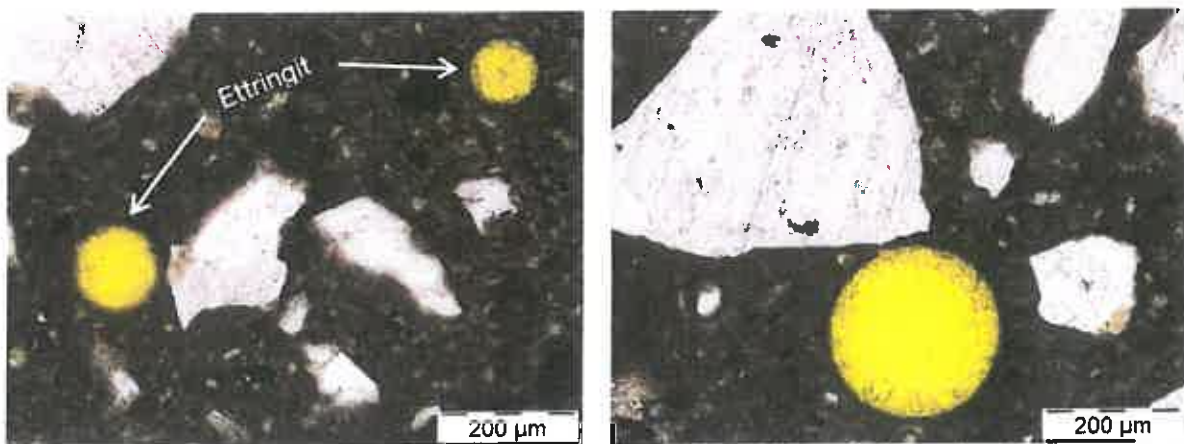


Abbildung 24: Mikroskopische Aufnahme des inneren nicht alterierten Gefüges des Altbetons. Poren sind mit Ettringit gefüllt; Aufnahme mit parallelen Polarisatoren

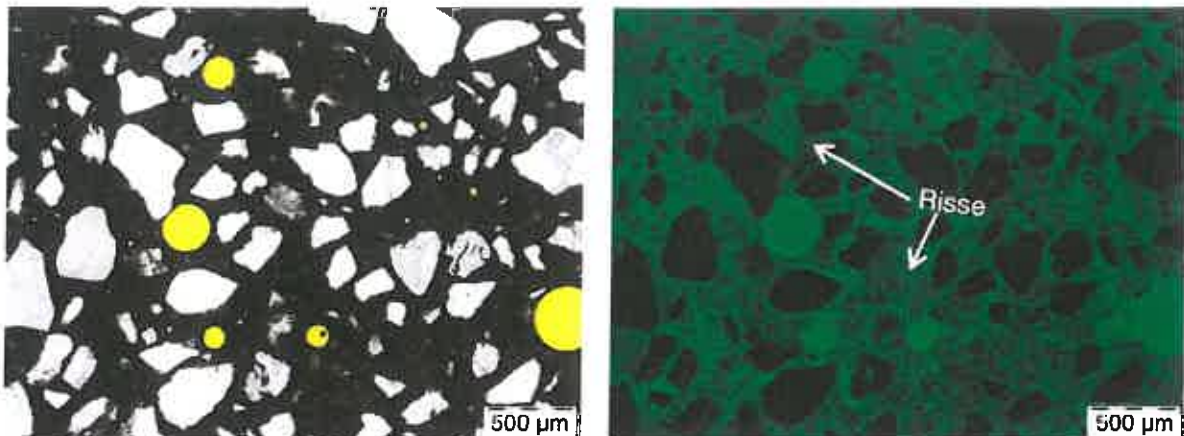


Abbildung 25: Mikroskopische Aufnahme des inneren nicht alterierten Gefüges des Altbetons. Das Gefüge enthält feine Risse; links – Aufnahme mit parallelen Polarisatoren; rechts – UV-Lichtaufnahme; Dünnschliff D

4. Zusammenfassung

Die Ergebnisse aus den mikroskopischen Untersuchungen der Dünnschliffe lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Der Altbeton zeigt in allen Proben gemeinsame charakteristische Merkmale. Der Randbereich des Altbetons ist durch 3 Alterationszonen (Alterationstiefe < 3 mm) gekennzeichnet, wobei die äußere Alterationszone nicht überall vorhanden ist. Der Altbeton weist Mikrorisse in der Bindemittelmatrix auf. Im Altbeton sind an den Rändern der Luftporen mehrfach nadelige, randständige Ettringitaufwachsungen vorhanden. Eine Schädigung des Altbetons samt Verbundfuge zum Spritzmörtel infolge chemischer Treiberscheinungen (Ettringittreiben oder Alkali-Kieselsäure-Reaktion) kann anhand der mikroskopischen Betrachtung weder auf makro- noch auf mikroskopischer Ebene abgeleitet werden.

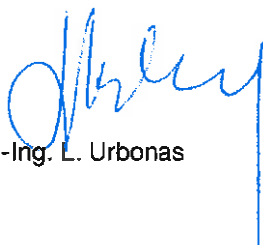
Der Spritzmörtel weist stark unterschiedliche Porenanteile auf. Neben runden Poren gibt es oftmals auch längliche, unregelmäßig geformte Poren. Eine Schädigung des Spritzmörtels - auch in den Verbundfugen zwischen 1. und 2. Lage - infolge chemischer Treiberscheinungen (Ettringittreiben oder Alkali-Kieselsäure-Reaktion), kann anhand der mikroskopischen Betrachtung weder auf makro- noch auf mikroskopischer Ebene abgeleitet werden.

MATERIALPRÜFUNGSAMT FÜR DAS BAUWESEN

ABTEILUNG BAUSTOFFE

Leiter der Arbeitsgruppe 1
„Bindemittel und Zusatzstoffe“

Dr.-Ing. L. Urbonas




Der Sachbearbeiter

K. Fischer, M.Sc.



A22



Technische Universität München



cbm · Centrum Baustoffe
und Materialprüfung
MPA BAU,
Abteilung Baustoffe

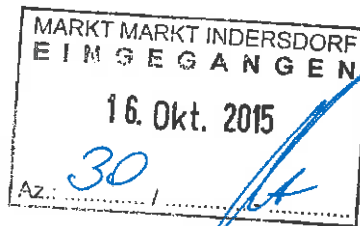
Baumbachstraße 7
81245 München
Germany

Tel +49.89.289.27066
Fax +49.89.289.27069

www.cbm.bgu.tum.de

TUM · MPA BAU · Abteilung Baustoffe
Baumbachstr. 7 · 81245 München · Germany

Markt Indersdorf
Bauverwaltung
Marktplatz 1
85229 Markt Indersdorf



München, 06.10.2015

20-15-0048 Untersuchungen an Bohrkernen

Bericht: Chemische und mineralogische Untersuchungen

Sehr geehrter Herr Dr. Plannerer,

am 20.07.2015 erhielten wir von Ihnen einen Bohrkern, der aus einem Altbeton und einem darauf haftenden Reparaturmörtel bestand. Nach dem Trennen der beiden Materialien wurde aus der Oberfläche des Reparaturmörtels (Kontaktfläche zum Altbeton) Material abgekratzt und davon eine halbquantitative Phasenanalyse mit Röntgendiffraktometrie durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abb. 1 dargestellt. Es wurde kein Ettringit nachgewiesen.

Am 30.07.2015 erhielten wir von Ihnen vier Betonmehlproben mit dem Auftrag die Sulfatgehalte zu bestimmen. Die Analysen wurden in Anlehnung an die EN 196-2 durchgeführt. Die erhaltenen Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Ergebnisse der SO₃-Bestimmungen

Probenbezeichnung	Einheit	SO ₃ -Gehalt
F5 0-10	M.-%	0,77
F13 0-10	M.-%	0,77
Rep1 0-5	M.-%	0,52
Rep2 0-5	M.-%	0,46

Ihre Nachricht

Unser Zeichen
HH/ KF

Bearbeiter
Hilbig

Telefon-DW
27120

E-Mail
harald.hilbig@tum.de

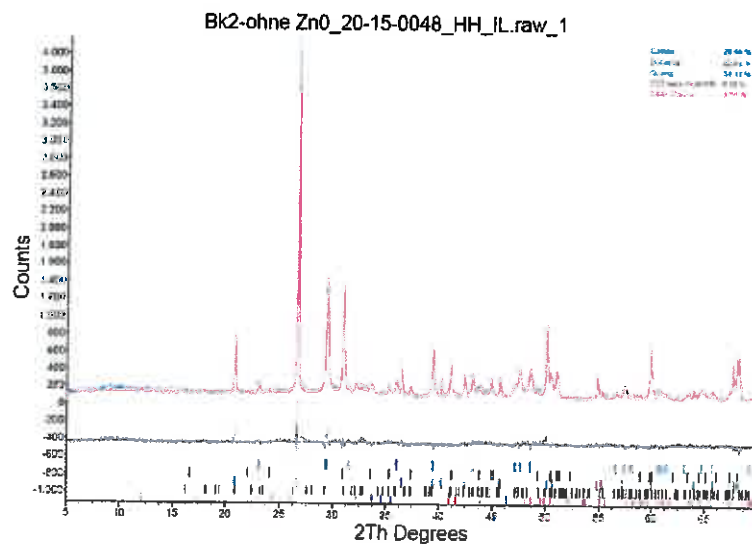


Abbildung 1: Röntgendiffraktogramm des Materials an der Kontaktfläche auf dem Reparaturmörtel

Am 03.08.2015 erhielten wir von Ihnen eine Trockenmörtelprobe mit dem Auftrag jeweils von der Originalprobe nach Mahlung sowie an der bei 32 µm abgesiebten und somit bindemittelangereicherten Probe die chemische Zusammensetzung sowie Phasenanalysen mit Röntgenbeugung durchzuführen. Die chemischen Analysen sind noch in Arbeit. Die Ergebnisse der halbquantitativen Phasenanalysen (ohne internen Standard, amorphe Anteile nicht erfasst) sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Phasenanalysen des Trockenmörtels

	Einheit	Originalprobe	abgesiebte Probe
Biotit	M.-%	1,2	-
C ₂ S	M.-%	2,1	5,4
C ₃ A	M.-%	0,4	4,0
C ₃ S	M.-%	7,3	55,4
C ₄ AF	M.-%	2,6	18,9
Calcit	M.-%	34,4	8,8
Dolomit	M.-%	27,1	3,1
Muscovit	M.-%	0,9	-
Quarz	M.-%	22,4	2,6
Gips	M.-%	< 1	1,8

Evtl. enthaltene amorphe Anteile erniedrigen die oben genannten Gehalte. Aufgrund von Reflexüberlagerungen zwischen silikatischen Klinkerbestandteilen und C_3A im Bereich der intensitätsstärksten C_3A -Peaks, lässt sich das Aluminat aus dieser Untersuchung nicht eindeutig nachweisen.

Aus diesem Grund erhielten wir am 28.09.2015 wiederholt eine Trockenmörtelprobe von Ihnen. Diese wurde auf eine Korngröße $< 63 \mu m$ abgesiebt. Der abgesiebte Anteil wurde anschließend mittels Salizylsäureaufschluss behandelt, um C_3S und C_2S von der restlichen Probe zu entfernen und um somit einen qualitativen Nachweis für das Vorhandensein von C_3A zu erbringen.

Aus der Röntgenbeugungsanalyse der behandelten Proben konnten qualitativ Gips, Quarz, Dolomit, Calcit und C_4AF nachgewiesen werden. C_3A wurde nicht festgestellt (s. Abb. 2).

Anhand der Resultate, die aus der mittels Salizylsäureaufschluss behandelten Probe gewonnen wurden, lässt sich zusammenfassen, dass auf Basis der angewendeten Analysemethoden kein C_3A in der untersuchten Trockenmörtelprobe vorhanden ist.

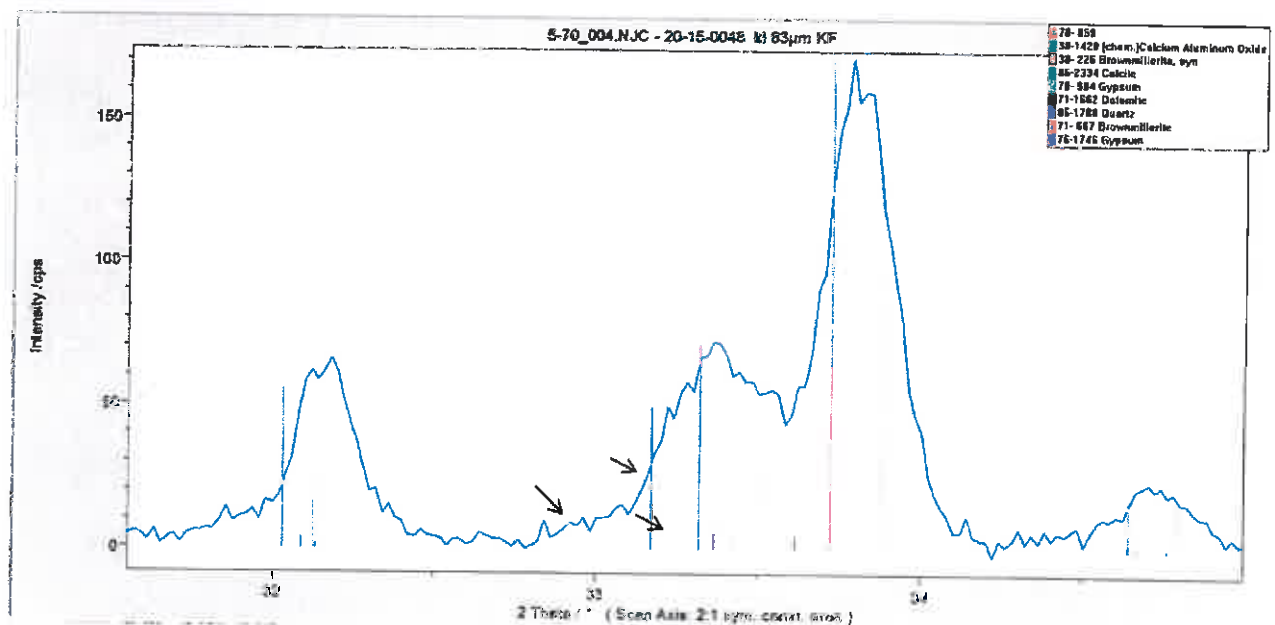


Abbildung 2: Ausschnitt des Röntgenspektrums der mit Salizylsäureaufschluss behandelten Probe. Die Pfeile kennzeichnen die Lagen der Hauptreflexe von C_3A .

Mit freundlichen Grüßen
für das MPA BAU
i.A.



Dr. rer. nat. H. Hilbig
Leiter der Arbeitsgruppe



K. Fischer, M.Sc.

cbm · Centrum Baustoffe
und Materialprüfung

A23

Prof. Dipl.-Ing. Manfred Schnell
Labor für Baustofftechnologie - Hochschule Augsburg



An der Hochschule 1 - D-86161 Augsburg – Tel. (0821) 5586-3129 – Fax (0821) 5586-3126
e-mail: manfred.schnell@hs-augsburg.de

Auftraggeber:	Plannerer & Partner	Anlieferung:	17.09.2015
	Gumtstraße 86, 82152 Planegg	Prüfung:	18.09.2015
Baumaßnahme:	Kläranlage Markt Indersdorf, Am Wehr 8		

Wasserlösliche Salze

Die Proben wurden getrocknet und der Gehalt an wasserlöslichem Sulfat im Wasserauszug photometrisch bestimmt.

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe (mm)	Sulfat [Masse-%]
S1	0 - 5	<0,26
S2	0 - 5	0,42
S3	0 - 5	0,38
S4	0 - 5	0,46

Augsburg, den 21.09.15
Sachbearbeiterin: A.Tiffert

PLANNERER + PARTNER

INGENIEURE und SACHVERSTÄNDIGE

PLANNERER + PARTNER • Gumstraße 8b • 82152 Planegg

Markt Indersdorf
z. Hd. Herrn Weisser

Ingenieurbüro Blasy - Øverland
z. Hd. Herrn Windeck

Dr.-Ing. Markus Plannerer

Beratender Ingenieur BAYIK

Von der Industrie - und Handelskammer
für München und Oberbayern öffentlich
bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Betonschäden, Betoninstandsetzung,
Betontechnologie, mineralische Baustoffe

Dr.-Ing. Karl Schmidt

Von der Industrie - und Handelskammer
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Betontechnologie,
Betonschäden und Betoninstandsetzung

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht

Unser Zeichen, unsere Nachricht

Datum

17.9.2015

Kläranlage Markt Indersdorf Bedenkenanmeldung vom 15.9.2015

Sehr geehrte Damen und Herren,

am 16.9.15 erhielt ich die Bedenkenanmeldung der Fa. BMF
bezüglich des helleren Betonuntergrundes im luftberührten
Bereich. Herr Kremer, BMF sieht darin die Notwendigkeit eines
tieferen Betonabtrages bis in den „blauen“ Beton.

Zu diesen Bedenken nehme ich wunschgemäß Stellung:

1. Zunächst ist festzuhalten, dass die Ursache für die hellere
Farbe des Betons im luftberührten Bereich verschiedene
Ursachen haben kann, s. Ziff. 2.

Einen chemischen Angriff des Betons im luftberührten
Bereich durch Sulfateinwirkung, schließe ich wie schon
mehrfach erläutert aus Plausibilitätsgründen aus. Zu
Beginn der Schadensermittlungen sah dies Wöhr/BMF im
Übrigen ähnlich, da argumentiert wurde die Wände im
luftberührten Bereich wären nicht bzw. weniger
schadensbetroffen.



Anschrift:
Gumstraße 8b
D-82152 Planegg

Fon 089 / 8 11 21 80
Fax 089 / 8 11 23 34
post@ib-plannerer.de
www.ib-plannerer.de

Partner:
Dr. Markus Plannerer
Dr. Karl Schmidt
Partnerschaftsregister:
PR 1223

Steuer-Nr.:
146/234/907 19

Bankverbindung:
Kreissparkasse M-S-E
BLZ 702 501 50
Kto 273 704 44
IBAN DE43 7025 0150 0027 3704 44
BIC BYLADEM1KMS

Stellungnahme vom 17.9.2015

2. Die hellere Farbe kann durch Einsatz eines Betons mit einer anderen Betonzusammensetzung (Portlandzement anstatt „blauer“ Hochofenzement) verursacht sein. Im luftberührten Bereich ist nämlich ein Beton mit einem sehr hohen Frost-Tausalz widerstandes erforderlich, hierfür verwendete man früher in der Regel Betone mit Portlandzement. Wenn der oberste Betonierabschnitt im luftberührten Bereich also mit einem Beton mit Portlandzement betoniert wurde, würde dies alleine einen Farbtonunterschied zum darunter befindlichen Beton erklären.

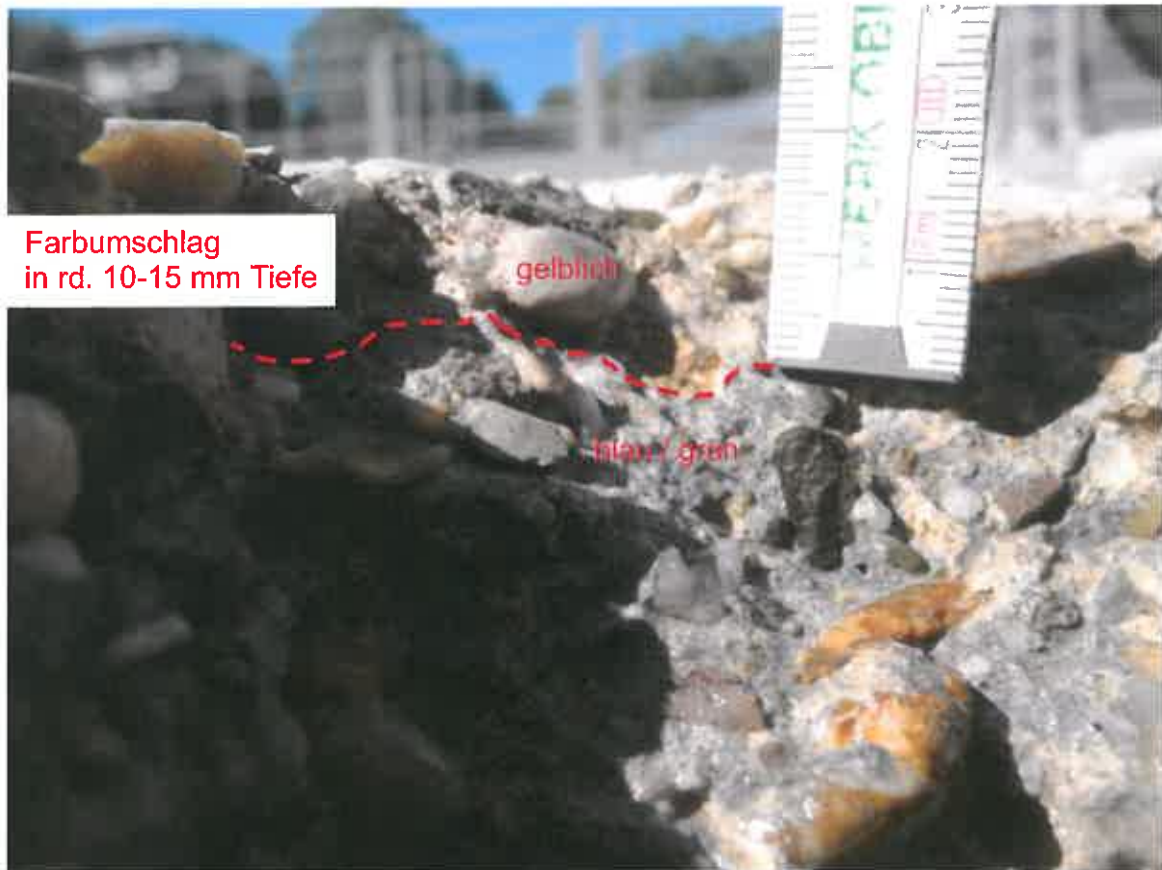
Eine weitere mögliche Ursache für Farbtonunterschiede kann die Carbonatisierung des Betons sein. Beton carbonatisiert nur im luftberührten Bereich, da die Anwesenheit von Kohlendioxid erforderlich ist, im wasserberührten Bereich findet keine Carbonatisierung statt. Bei hochofenzementhaltigen „blauen“ Beton geht die Carbonatisierung oftmals mit einem Farbumschlag einher.

3. Wie bereits mit Email vom 16.9.15 angekündigt, werden kurzfristig zusätzliche Sulfatgehaltbestimmungen an Bohrmehlproben aus dem Beton im luftberührten Bereich durchgeführt. Mit den Untersuchungen wird der Nachweis erbracht werden, dass der helle Farbton des Betons im luftberührten Bereich nicht durch Sulfateinwirkung verursacht ist und vorbehaltlich der noch vom AN nachzuweisenden Abreißfestigkeit keine technische Veranlassung für einen Betonmehrabtrag besteht.
4. Der Hinweis, ich hätte Mikrorisse in der Betonkonstruktion festgestellt, betrifft das bereits instandgesetzte Kombi-Becken West und bezieht sich dort auf die fertige Spritzmörtelschale und nicht auf den Bestandsbeton. Im Bestandsbeton des Becken Ost habe ich bislang keine derartigen Rissbildungen feststellen können.

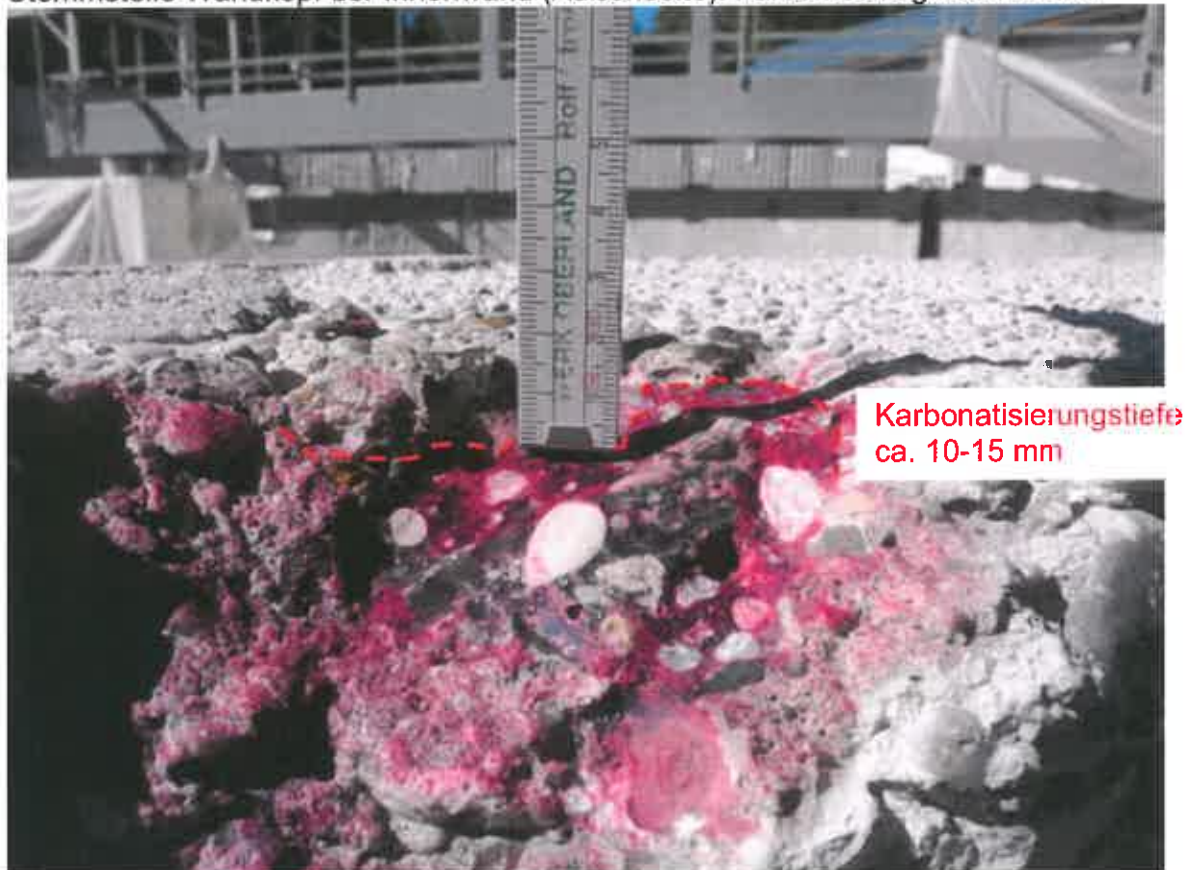
Für Rückfragen bin ich urlaubsbedingt bis einschließlich 25.9.15 nur per Email zu erreichen.

Mit freundlichen Grüßen

gez. Dr.-Ing. Markus Plannerer



Stemmstelle Wandkopf der Innenwand (Außenseite): Farbumschlag nach **oben!**



Stemmstelle wie vor: Bestimmung der Carbonatisierungstiefe mit Phenolphthalein



PLANNERER + PARTNER

Statistische Auswertung der Betondeckungsmessungen für $c_{min} = 25 \text{ mm}$

Vor dem HDWS-Abstrahlen

	Belebungsbecken - Außenwand (A)			Belebungsbecken - Innenwand (B)			Nachklärbecken - Außenwand (C)		
Anzahl Bewehrung	999	935	692	632	622	622	605	608	240
min (mm)	16	28	4	11	16	28	7	29	24
Mittel (mm)	72	73	57	40	58	54	50	54	35
10%-Quantil (mm)	54	57	45	28	47	43	40	44	30

Nach dem HDWS-Abstrahlen

	Belebungsbecken - Außenwand (A)			Belebungsbecken - Innenwand (B)			Nachklärbecken - Außenwand (C)		
Anzahl Bewehrung	1062	1104	1064	645	655	658	597	607	613
min (mm)	7	9	4	7	33	30	19	31	12
Mittel (mm)	64	69	49	34	56	50	43	51	31
10%-Quantil (mm)	40,8	55	32	22	47	40	34	42	24

Veränderung c_{mittel} in mm	-8	-4	-8	-6	-2	-4	-7	-2	-4
--------------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Planegg, 28.09.2015

gez. Dr. M. Plannerer

Dr.-Ing. Markus Plannerer

Geratender Ingenieur BAYLK

Von der Industrie - und Handelskammer
für München und Oberbayern öffentlich
bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Betonschäden, Betoninstandsetzung,
Betontechnologie, mineralische Baustoffe

Dr.-Ing. Karl Schmidt

Von der Industrie - und Handelskammer
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Betontechnologie,
Betonschäden und Betoninstandsetzung

GUTACHTERLICHE STELLUNGNAHME

Auftraggeber: Markt Markt Indersdorf

Objekt: Instandsetzung Klärwerk Markt Indersdorf

Anlass: Mängel an der Spritzmörtelauskleidung Becken Ost

Auftrag: 2.6.2015

Gutachten-Nr.: 150506

Datum: 2.7.2015



Anschrift:
Gumstraße 8b
D-82152 Planegg

Fon 089 / 8 11 21 80
Fax 089 / 8 11 23 34
post@ib-plannerer.de
www.ib-plannerer.de

Partner:
Dr. Markus Plannerer
Dr. Karl Schmidt
Partnerschaftsregister:
PR 1223

Die Stellungnahme umfasst 23 Textseiten und - Anlagen

Steuer-Nr.
146/234/90719

PDF . Fertigung

Bankverbindung:
Kreissparkasse M-S-E
BLZ 702 501 50
Kto. 273 704 44
IBAN DE43 7025 0150 0027 3704 44
BIC BYLADEM1KMS

1 Auftrag und Anlass

Der Markt Markt Indersdorf beauftragte mich am 2.6.2015 Rissbildungen an der Spritzmörtelschale des 2014 instandgesetzten Kombibeckens West zu begutachten.

Im Laufe der Begutachtung zeigten sich an dem aktuell instandgesetztem Kombibecken Ost massive Schäden an der Spritzmörtelschale mit Hohllagen und Ablösungen der Schale in Teilflächen.

Diese Stellungnahme befasst sich aufgrund der Dringlichkeit nur mit den Schäden an dem Kombibecken Ost.

2 Unterlagen und Literatur

Für diese Stellungnahme standen mir folgende Unterlagen zur Verfügung:

- /1/ Ausschreibungsunterlagen komplett
- /2/ Gutachten Dr. Linse und Partner vom 30.5.2014
- /3/ Ausführungsplan Nr. 4.4 - Detail Betonsanierung
- /4/ Bautagesberichte BMF von Okt-Nov 2014 und März-Juni 2015
- /5/ Anzeige Baumaßnahme bei Fremdüberwachung v. 23.9.2014
- /6/ Produktdatenblatt Sika MonoTop AW mit Leistungserklärung EN 1504-3
- /7/ Produktdatenblatt Sika NB 100
- /8/ Prüfprotokolle BMF Abreißfestigkeiten auf Altbeton Becken Ost
- /9/ Prüfprotokolle B&Ø Haftzugprüfungen vom 12.6.15 auf Spritzmörteloberfläche Becken Ost und West
- /10/ Bericht IBQ vom 11.6.15 zur Bohrkernentnahme in Rissen Becken West
- /11/ Bericht IBQ vom 11.6.15 zum Chlorid- und Sulfatgehalt des Altbetons, Becken Ost
- /12/ Bericht IBQ vom 24.6.15 zur Bestimmung der Druckfestigkeit des Spritzmörtels, Becken Ost
- /13/ Bericht IBQ vom 16.6.15 zur Bestimmung der Haftzugfestigkeit des Spritzmörtels auf den Wänden des Belebungsbeckens Ost
- /14/ Fotodokumentation aus der Bauzeit vom 21.4.-19.5.2015
- /15/ Fotodokumentation B&Ø Hohllagen und Schadstellen Becken Ost
- /16/ Email Herr Skarabis vom CBM/MPA der TUM mit Vorabergebnissen der Indent-Prüfung vom 1.7.2015

Literatur:

- /L1/ Richtlinie für Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen (RL-SIB),
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 2001
- /L2/ DIN 14487 Spritzbeton Teil 1 und Teil 2, 2007
- /L3/ Leitfaden Düsenführer, 2007
- /L4/ SIVV-Handbuch, 2002
- /L5/ DBV-Merkblatt Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und
Spannbetonbau, 2006

3 Ortstermine

Im Zuge der Begutachtung führte ich mehrere Ortstermine durch:

- 27.5.2015 Besichtigung Haarrisse in den Wänden Kombibecken West
Teilnehmer: Herr Windeck, Herr Böhm
- 10.6.2015 Inaugenscheinnahme neu aufgetretener Schadstellen Kombibecken Ost, ohne weitere Teilnehmer
- 11.6.2015 Durchführung Oberflächenfestigkeitsprüfung durch BMF
Teilnehmer: Herr Windeck, Herr Böhm, Herr Reichel mit Arbeiter
- 16.6.2015 Besprechung Schadenssituation mit Bauherren
Teilnehmer: Herr Bürgermeister Obesser, Herr Wöhr, Herr Nägele, Herr Windeck

4 Beteiligte

- Zustandsuntersuchung: Dr. Linse Ingenieure
- Planung: Dr. Blasy Dr. Øverland
- Objektüberwachung: Dr. Blasy Dr. Øverland
- Hauptauftragnehmer: Wöhr Spezialtiefbau GmbH
- Betoninstandsetzung:
(Nachunternehmer) BMF Bauwerkserhaltung GmbH

5 Ermittlungen zum Bau- und Schadensablauf

Auf die Wände des Kombibeckens, bestehend aus einem inneren Nachklärbecken und einem äußeren Belebungsbecken, sollte im Zuge einer Instandsetzungsmaßnahme eine Spritzmörtelschicht mit 30 mm Nenndicke aufgebracht werden. Die Fa. BMF hat hierzu einen sulfatbeständigen Spritzmörtel Produkt Sika MonoTop AW eingesetzt, den sie im Nassspritzverfahren appliziert hat.

Aus den Bauunterlagen ergibt sich im Wesentlichen folgender Ablauf der Arbeiten:

- 1) Die Wandoberflächen wurden ab dem 31.3.15 mit Hochdruckwasserstrahl bearbeitet, bis die groben Gesteinskörner zu rd. 1/3 freigelegt waren.
- 2) Die auf dem so vorbereiteten Untergrund durchgeführten Abreißfestigkeitsprüfungen lieferten für den Auftrag des Spritzmörtels ausreichend hohe Festigkeiten. Über die Abreißfestigkeiten auf dem vorbereiteten Bestandsbeton liegen von BMF die nach RL-SIB geforderten Nachweise/Prüfprotokolle vor /8/.
- 3) Nach dem Hochdruckwasserstrahlen zeigten sich sehr viele Lunker und Schadstellen in den Beckenwänden, die anschließend mit Sika Monotop AW reprofiliert wurden. Der Flächenanteil der reprofilierten Schadstellen lag überschlägig geschätzt bei etwa 25 % (!) der Fläche, s. Abb. 1. Die punktuellen Reprofilierungsstellen hätten wegen der geringen Mörtelschichtdicke sorgfältigst nachbehandelt werden müssen, damit sie eine ausreichende Oberflächenfestigkeit für den späteren Verbund zum Spritzmörtel erreichen. Angesichts der gleichmäßig über die gesamte Wandfläche verteilten Reprofilierungsstellen hätten die Wände im Grunde vollflächig durch regelmäßigen Wässern und Folienabdeckung nachbehandelt werden müssen. Ob dies erfolgte ist fraglich.



Abb. 1: Reprofilerte Lunker

- 4) Angabegemäß sollen die Wände nach der Reprofilierung nochmals durch Hochdruckwasserstrahlen bearbeitet worden sein. Bei den Schadstellen mit abgelöster Spritzmörtelschale sind keine Spuren einer Bearbeitung durch Hochdruckwasserstrahl erkennbar, s. Abb. 6a. Die Wände wurden nach der Reprofilierung offensichtlich nur abgewaschen.
- 5) Ab dem 21.4.15 wurde dann mit dem Auftrag des Spritzmörtels Sika Monotop AW begonnen. Der Spritzmörtel wurde angabegemäß im Nassspritzverfahren aufgebracht. Angaben zur verwendeten Spritzmaschine liegen nicht vor.
- 6) Wie lange und intensiv der Bestandsbetons vor Auftrag des Spritzbetons vorgehässt wurde ist den Unterlagen nicht zu entnehmen. Den Bautagesberichten BMF /4/ kann jedenfalls nicht entnommen, dass vor dem Spritzmörtelauftrag ausreichend lange und intensiv vorgehässt wurde. Bei ordnungsgemäßer Ausführung hätte mit dem Vornässen des Altbetons bereits rd. 24 h vorher begonnen werden müssen.
- 7) Den Bautagesberichten BMF /4/ sind die täglich verarbeiteten Spritzmörtelmengen zu entnehmen. Diese schwanken zwischen 2100 kg und 11025 kg je Arbeitstag. Nach Angabe von Herrn Reischl, BMF sollen an den Tagen mit überdurchschnittlich hoher Leistung 2 Spritzmaschinen und Trupps gleichzeitig auf der Baustelle im Einsatz gewesen sein.

- 8) Der Auftrag des Spritzmörtels erfolgte nicht systematisch. Meist wurde der Spritzmörtel an einem Tag auf rd. 50 bis 100 qm Fläche in zwei Lagen á ca. 15 mm Stärke aufgebracht und geglättet. Am 28.4. und 9.5.15 wurden dann rd. 11 to bzw. 7,5 to Material nur in der 1. Spritzlage verarbeitet. Bei einem durchschnittlichen Spritzmörtelverbrauch einschließlich Rückprallverlust von ca. 36 kg/m² ergibt sich also an diesen Tagen eine Tagesleistung von rd. 300 qm bzw. 200 qm Spritzmörtel einlagig appliziert. Da die 1. Spritzlage mit nur rd. 1,5 cm Dicke (!) sehr empfindlich gegenüber Wasserverlust ist, hätte diese bis zum nächsten Tag intensivst nass nachbehandelt werden müssen.
- 9) Bezüglich der Nachbehandlung existieren unterschiedliche z.T. widersprüchliche Angaben. Die Bautagesberichte BMF /4/ ergeben, dass die Nachbehandlung ab dem 27.4.15 durch Auftrag eines Nachbehandlungsmittels (Sika NB100 /7/) und Abdeckung mit Folie erfolgte. s. Abb. 2. Der Auftrag des Nachbehandlungsmittels erfolgte nicht fachgerecht, da dieses nicht gleichmäßig in der vom Hersteller vorgegebenen Auftragsmenge aufgesprüht wurde. Ein Austrocknungsschutz ist nur gegeben, wenn das weiß eingefärbte Parafinwachs einen dichten geschlossenen Film auf der Betonoberfläche bildet. Dies war aber zumindest bereichsweise nicht der Fall, s. Abb. 2.



Abb. 2: Unsachgemäßer Auftrag des Nachbehandlungsmittels (Pfeil)

Die Folien hingen von der Wandkrone lose herunter und lagen nicht unmittelbar auf der Spritzmörteloberfläche auf, s. Abb. 2. In dem zwischen Folie und Spritzmörteloberfläche vorhandenen Luftraum kommt es durch Konvektionsvorgänge, Wind und Tunneleffekte zum Luftaustausch mit der Umgebung, so dass die lose herunterhängende Folie keinen wirksamen Schutz vor Austrocknung des Spritzmörtels sicherstellte.

Vor dem 27.4.15 soll die Nachbehandlung angabegemäß durch wasserhaltende Folien (Malervlies) erfolgt sein, eine Dokumentation hierüber liegt mir nicht vor.

Weder den Bautagebüchern noch der Fotodokumentation kann entnommen werden, dass die vom Produkthersteller Sika in dem technischen Produktdatenblatt Sika MonoTop /6/ geforderte **Nass**nachbehandlung über eine Zeitdauer von 8-10 Tagen eingehalten wurde, s. Abb. 3.



Abb. 3: Hellgraue, d.h. abgetrocknete, nicht nass nachbehandelte Spritzmörtelschicht

- 10) Anhand der Aufzeichnungen im Bautagebuch und der Fotodokumentation der Bauüberwachung lässt sich nicht durchgängig rekonstruieren, wann auf welchem Wandabschnitt der Spritzmörtel appliziert wurde. Eine lagemäßige Zuordnung der schadhaften Bereiche zum Herstellungsdatum ist nur für einzelne Wandabschnitte rekonstruierbar, Abb. 4.

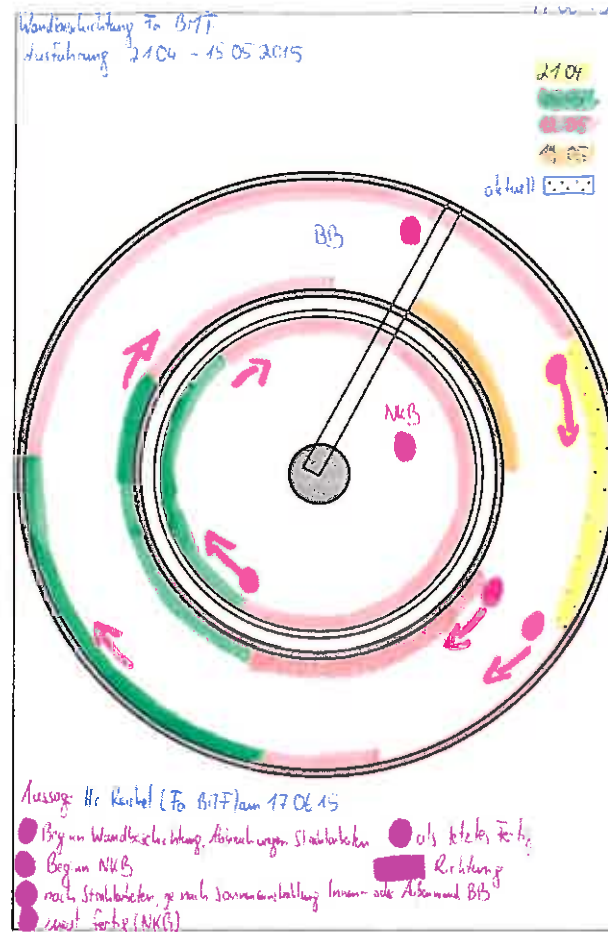


Abb. 4: Rekonstruktion des Bauablaufes

11) Zur Beurteilung der Witterungseinflüsse wurden die Wetteraufzeichnungen einer nur wenige Kilometer von Markt-Indersdorf entfernten Messstelle bei Großberghofen herangezogen. Demnach herrschten für die Ausführung von Spritzmörtelarbeiten keine sehr ungünstigen Temperaturverhältnissen. Allerdings näherten sich am 23. und 29.4.15 die Lufttemperaturen über Nacht der Null-Grad Grenze, s. Abb. 5.

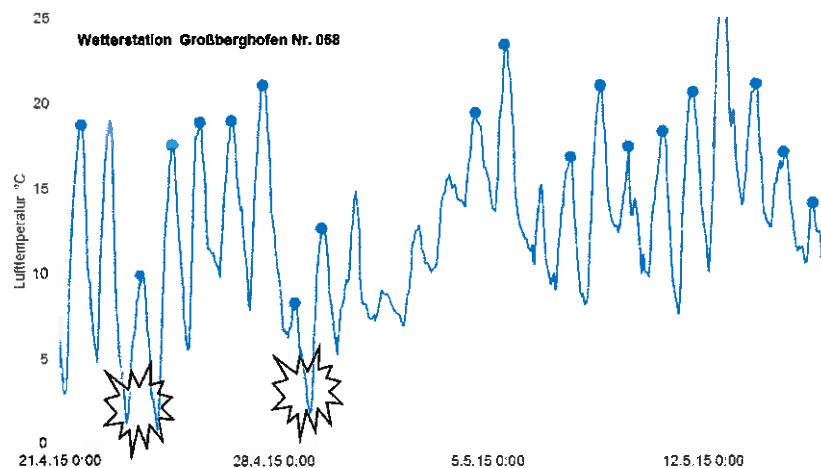


Abb. 5: Lufttemperaturen (Quelle: Agrarmeteorologisches Messnetz Bayern)

- 12) Die Spritzmörtelarbeiten waren am 14.5.2015 abgeschlossen. Anschließend wurden die Arbeiten an dem Beckenboden begonnen.
- 13) Am 27.5.15 führte ich einen ersten Ortstermin zur Begutachtung der am Kombibecken West beanstandeten Haarrissbildung in den Beckenwänden durch. In diesem Termin waren die Spritzmörtelarbeiten an den Wänden des Kombibeckens Ost bereits abgeschlossen. Bei einer Inaugenscheinnahme habe ich ansatzweise erste Rissbildungen in der Spritzmörtelschale sowie in einem sehr geringen Ausmaß lokal begrenzte Ausbrüche bzw. Ablösungen der Spritzmörtelschale am Becken Ost festgestellt.
- 14) In den darauffolgenden 2 Wochen hat BMF geortete Fehlstellen in der Spritzmörtelschale durch „Entlastungsschnitte“ begrenzt und unzureichend anhaftenden Spritzmörtel abgetragen. Diese Maßnahmen waren angabegemäß nicht mit der Bauüberwachung abgestimmt. Stellenweise wurde bereits begonnen vorhandene Schadstellen wieder zu sanieren ohne dies ebenfalls mit der Bauüberwachung abzustimmen.
- 15) Die Bauüberwachung überprüfte daraufhin die Spritzbetonschale erneut auf Hohllagen. Dabei wurde ausgehend von den bereits entfernten Fehlstellen trotz „Entlastungsschnitte“ eine nennenswerte Ausdehnung der Hohllagen festgestellt. Die neu festgestellten Hohllagen wurden von der Bauüberwachung farblich markiert.

6 Visuelle Feststellungen

Die Spritzmörtelschale zeigt nur wenige Wochen nach der Applikation in Teilflächen Hohllagen. Bei Hohllagen wurde der Spritzmörtel von BMF abgeklopft.

Die Schadstellen habe ich visuell begutachtet, die Schäden sind in zwei Schadensbilder zu klassifizieren.

Schadensbild 1

Die fertige Spritzmörtelschale hat sich nahezu rückstandslos ohne Anhaftungen von Zementmörtel vom Altbeton und den vorab händisch mit Betonersatz reprofilierten Lunker und Löcher gelöst, s. Abb. 6a. Der Altbeton zeigt keine Bruchflächigkeit, d.h. die durch Hochdruckwasserstrahlen vorbereitete Altbetonoberfläche mit den freigelegten groben Gesteinskörner ist noch intakt, Ausbrüche aus dem Altbeton sind i.d.R. nicht vorhanden.

Der visuelle Befund belegt, dass der Spritzmörtel zum Zeitpunkt der Ablösung keinen mechanisch Verbund mit dem Untergrund (Altbeton und Betonersatz) eingegangen ist.



Schadensbild 1

Abb. 6a: Ablösung der Spritzmörtelschale vom Untergrund und den mit Mörtel vorab reprofilierten Fehlstellen (Pfeile) ohne Ausbildung von Bruchflächen



Abb. 6b: Intakte Zuschlagmatrix des Altbetons ohne Ausbildung von Bruchflächen

Schadensbild 2

In der insgesamt rd. 3 cm dicken Spritzmörtelschale hat sich die 2. Spritzmörtellage in größeren zusammenhängenden Flächen abgelöst, Abb. 7a. Die zum Vorschein kommende Oberfläche der 1. Spritzmörtellage zeigt eine sehr stark ausgeprägte Rissbildung. Das netzartige Rissbild mit großen Rissweiten ist charakteristisch für raschen Wasserlust des Mörtels zu Beginn der Erhärtung, s. Abb. 7b.

Die 1. Spritzmörtellage muss bis zum Auftrag der 2. Lage sehr stark ausgetrocknet sein. In der verbliebenen 1. Spritzlage zeichnen sich Spuren eines Hochdruckwasserstrahls ab. Angabegemäß wurden die am Vortrag vorgespritzten 1. Spritzlagen vor Auftrag der 2. Spritzmörtellage mittels Hochdruckwasserstrahl mit 500 bar vorbereitet.



Abb. 7a: Trennlagenbildung zwischen 1. und 2. Spritzmörtellage, in dem horizontalen Streifen befand sich offensichtlich eine Leiste als Höhenlehre.



Abb. 7b: Nach Ablösung der 2. Spritzlage sind starke Rissbildungen in der 1. Spritzlage erkennbar.

Bei der Außenwand sind auch Kombinationen der beiden vorbeschriebenen Schadensbilder aufgetreten, s. Abb. 7c.



Abb. 7c: Unregelmäßiger Übergang der beiden Schadensbilder

Die von der Bauüberwachung zur Verfügung gestellte Fotodokumentation der Ablösungen und Hohllagen habe ich hinsichtlich der lagemäßigen Verteilung qualitativ ausgewertet, um einen Überblick über den Schädigungsgrad und die Verteilung zu erhalten, s. Abb. 8.

Instandsetzung Kläranlage Markt Indersdorf

		Hohlraum Flächenanteil in % (geschätzt)						I. Adäsionsversagen 1. Spritzlage-Altbeton	
		obere Hälfte			untere Hälfte			II. Adäsionsversagen 2. - 1. Spritzlage	
		I	II	?	I	II	?	? ... Nicht zuordenbar	
Schadensbild								Gesamt	Herstelldatum
A1		25			25			25	
A2					20			10	
A3		50				40		45	
A4			50		40	20		55	
A5		10	70		10	40		55	
A6			70			70		70	
A7			80			5		43	
A8			20			10		15	
A9			30		10	50		45	
A10			50			50		55	
A11								0	
A12			40			5		23	
A13			30			20		25	
A14			20			5		13	
A15			20			10		15	
A16			25			15		20	
A17			20			30		25	
Summe		85	535	0	105	370			
B1				10	20			15	
B2				5	10			8	
B3		10			10			10	
B4		5			20			13	
B5		5			25			15	
B6				5	5			5	
B7					40			20	
B8		20			20			20	
B9				10				5	
B10							10	5	
B11								0	
B12			50					25	
B13				30		30		30	
B14				5		20		13	
B15				10		20		15	
B16		15			10			13	
B17								0	
Summe		55	50	75	160	70	10		
C1				5				3	
C2				10			20	15	
C3				25			40	33	
C4				10				5	
C5				20				10	
C6							5	3	
C7				10				5	
C8				10			5	8	
C9				20				10	
C10				40			10	25	
C11				10			10	10	
C12				40			5	23	
C13				20				10	
C14				5			30	18	
C15							20	10	
C16				10			15	13	
C17				20				10	

Abb. 8: Verteilung der Schadstellen auf den Beckenwänden, die Flächenanteile sind geschätzt, /15/

Am stärksten betroffen ist die Außenwand des Kombibeckens. Von den 17 Wandsegmenten ist nur 1 bislang schadensfrei. Der Flächenanteil der Schadstellen variiert hier zwischen ca. 10 und 70 % , im Mittel sind auf rd.

32 % der Fläche Schadstellen vorhanden, wobei das Schadensbild 2 (Ablösung der 2. Spritzmörtelschicht) den größten Anteil am Schaden hat.

An der Innenwand sind innen und außen ebenfalls Hohllagen und Ablösungen aufgetreten, jedoch in einem geringeren Ausmaß. Der Flächenanteil beträgt im Mittel rd. 12 %, bei einzelnen Wandsegmenten erreicht die Schadensquote bis zu ca. 30 %.

7 Weitergehende Untersuchungen

- 7.1 BMF hat im Rahmen Ihrer Überwachungspflicht (vgl. RL-SIB Teil 3, Anhang A) lediglich die Abreißfestigkeit auf dem Bestandsbeton nach erfolgter Untergundvorbereitung überprüft /8/. Hierzu liegen diverse Prüfprotokolle über Abreißfestigkeitsprüfungen vor.
- 7.2 Die Haftung der erhärteten Spritzmörtelschale auf dem Untergrund entsprechend RL-SIB Teil 3, Anhang A, Blatt 4, Zeile 23 wurde von BMF bislang nicht nachgewiesen. Die vom 9.6.-12.6.15 von BMF auf der Spritzmörtelschale durchgeführten Abreißfestigkeiten mit rd. 5 mm tief vorgebohrter Ringnut /9/ liefern keine Aussage zur Haftung auf dem Altbeton.
- 7.3 Zur Beurteilung des Haftverbundes der übrigen, nicht schadensbetroffenen Spritzmörtelschale wurde IBQ mit der Durchführung von Haftzugprüfung beauftragt. IBQ hat im Belebungsbecken an 8 Stellen des augenscheinlich intakten und hohllagenfreien Spritzmörtels sowie an 4 Schadstellen mit noch anhaftender 1. Spritzlage Haftzugfestigkeitsprüfungen durchgeführt /13/, s.a. Abb. 9.

Schadens- bild	Wand	Prüfung Nr.	Haftzug- festigkeit N/mm ²	Anteil Bruchfläche in %					Bemerkung		
				AB	AB- SM1	SM1	SM1- SM2	SM2			SM2- Y
Auf Spritzmörtelschicht geprüft											
	B	HZ12	0,49			100			Einzelwert nicht erfüllt Wert ≤ 1,0	BK3	
	B	HZ14	(0,90)					100	wird nicht gewertet, da Abriß im Kleber	BK4	
2	B	HZ15	0,49		100		<- auf SM1 geprüft		Einzelwert nicht erfüllt Wert ≤ 1,0		
	B	HZ16	0,52		100				Einzelwert nicht erfüllt Wert ≤ 1,0	BK5	
2	A	HZ1	0,93		20-80		<- auf SM1 geprüft		Einzelwert nicht erfüllt Wert ≤ 1,0		
	A	HZ2	0,60		100				Einzelwert nicht erfüllt Wert ≤ 1,0	BK1	
	A	HZ5	0,62		100				Einzelwert nicht erfüllt Wert ≤ 1,0		
	A	HZ6	0,01		100				Einzelwert nicht erfüllt Wert ≤ 1,0		
2	A	HZ7	0,72		10-90		<- auf SM1 geprüft		Einzelwert nicht erfüllt Wert ≤ 1,0		
	A	HZ8	1,00		100					BK2	
2	A	HZ9	1,27		20-80		<- auf SM1 geprüft				
2	A	HZ10	1,16		100		<- auf SM1 geprüft				
Mittelwert			0,71						Mittelwert nicht erfüllt Wert ≤ 1,5		
Auf Altbeton geprüft											
1	A	HZ3	1,48	100	<- auf AB geprüft						
1	A	HZ4	2,27	100	<- auf AB geprüft						
1	B	HZ11	2,54	100	<- auf AB geprüft						
1	B	HZ13	3,10	100	<- auf AB geprüft						
Mittelwert			2,35								
Anforderungen an Haftzugprüfung gemäß RL-SIB Teil 3, Anhang A Blatt 4:											
Einzelwerte $\beta_{HZ} \geq 1,0 \text{ N/mm}^2$											
Mittelwert $\beta_{HZ} \geq 1,5 \text{ N/mm}^2$											
Legende:											
Schadensbild 1 ... komplette Ablösung der Schale											
Schadensbild 2 ... Ablösung der 2. Lage											
AB... Altbeton											
SM1 ... Spritzmörtel 1. Lage											
SM2 ... Spritzmörtel 2. Lage											
Y ... Kleber											
Wand A... Außenwand BB											
Wand B... Innenwand BB											

Abb. 9: Auswertung der Haftzugprüfungen (durchgeführt von IBQ)

Zusammenfassend liefern die von IBQ durchgeführten Haftzugprüfungen folgendes Bild:

- Die nach RL-SIB Teil 3, Anhang A, Blatt 4, Zeile 23 einhaltenden Haftzugfestigkeiten werden nicht erreicht.
- Bei 8 Prüfungen wird das Einzelwertkriterium $\beta_{HZ} \geq 1,0 \text{ N/mm}^2$ signifikant unterschritten.
- Bei Schadstellen, bei denen nur mehr die 1. Spritzmörtellage vorhanden ist, ist auch der Verbund zum Altbeton völlig unzureichend.
- Der Mittelwert der Haftzugfestigkeiten erreicht nicht einmal 50 % des erforderlichen Wertes und nicht einmal 30 % der lt. Herstellerangabe erreichbare Haftzugfestigkeit ($2,0 \text{ N/mm}^2$)

- e) Bei 3 Prüfstellen, 2 davon befinden sich auf einer Schadstelle, liegen die einzelnen Haftzugfestigkeiten über $1,0 \text{ N/mm}^2$ und erfüllen damit knapp das Einzelwertkriterium. Das Mittelwertniveau der Haftzugprüfungen ist insgesamt aber deutlich zu gering.

Im Resümee kann mit den Prüfungen nicht die nach RL-SIB Teil 3, Anhang A erforderliche Haftung der verbliebenen Spritzmörtelschale nachgewiesen werden. Die Spritzmörtelschale besitzt auch in den augenscheinlich intakten Flächen nicht den erforderlichen Verbund. Es liegt ein wesentlicher Mangel vor.

- 7.4 An 3 Prüfkernen des Spritzmörtels wurde durch IBQ die Druckfestigkeit bestimmt /12/. Hinsichtlich der Druckfestigkeit bestehen keine konkreten Anforderungen, die Prüfungen wurden zur Ermittlung der Schadensursachen benötigt. Die Prüfkerns stammen aus den Wänden des Belebungsbeckens.

Die Spritzmörtelprüfkerns haben ein Höhen-Durchmesserverhältnis (h/d) deutlich kleiner 1 und weichen von der normierten Probekörpergeometrie $h/d=1$ ab. An gedrunghenen Probekörpern mit h/d kleiner 1 wird die Druckfestigkeit wegen des Einfluss der Probekörpergeometrie überschätzt. Um auf die normierte Druckfestigkeit f_{ck} zu kommen, müssen die gemessenen Druckfestigkeiten deshalb abgemindert werden. Der Faktor zur Berücksichtigung der Schlankheit des Probekörpers liegt je nach Verhältnis h/d bei ca. 0,8 bis 0,9.

Die so umgerechnete Druckfestigkeit liegt mit im Mittel ca. 28 N/mm^2 signifikant unter dem vom Hersteller gemäß Leistungserklärung /6/ angegebenen Festigkeitsniveau Klasse R4 (Druckfestigkeit $\geq 45 \text{ N/mm}^2$ nach DIN 1504-3). Im Produktdatenblatt gibt der Hersteller sogar eine Druckfestigkeit von ca. 55 N/mm^2 an. Natürlich muss berücksichtigt werden, dass am Bauteil wegen Imperfektionen auf der Baustelle stets geringere Festigkeiten zu erwarten sind als im Labor. Der hier vorgefundene Festigkeitsabfall der Bauteilfestigkeit gegenüber der Normprüfung im Labor ist allerdings außergewöhnlich groß und durch normale Abweichungen auf der Baustelle nicht zu erklären.

Da mit der Druckfestigkeit nicht nur mechanische Kennwerte wie die Zugfestigkeit korrelieren, sondern auch dauerhaftigkeitsrelevante Kennwerte wie z.B. die Dichtigkeit und u.U. auch der Frostwiderstand, sind bei niedrigen Druckfestigkeiten entsprechend auch negative Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit nicht mehr auszuschließen.

7.5 Im Rahmen der Ursachenermittlung wurden am CBM der TU München weitere Laboruntersuchungen an Bohrkernen durchgeführt /6/.

An Bohrkern Nr. 5 wurden Untersuchungen zur Beurteilung der Nachbehandlungsqualität durchgeführt, in dem die Mikrohärtigkeit des Mörtelgefüges durch Indent-Tests (Vickershärtigkeit) überprüft wurde. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen, eine erste Aussage ist aber schon möglich, s. Abb. 10.

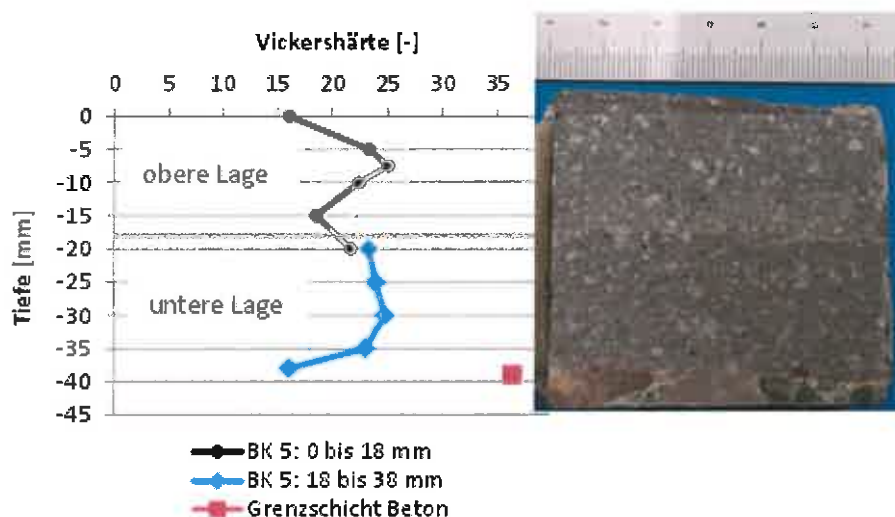


Abb. 10: Prüfung der Mikrohärtigkeit der Spritzmörtelschichten auf der polierten Schnittfläche des Prüfkerns Nr. 5

Bei der Prüfung wird unter dem Mikroskop entlang definierter Messlinien die Härte des Mörtels mit einer Mikrosonde geprüft, dadurch lassen sich Veränderungen über den Querschnitt nachweisen. Die Mikrohärtigkeit nach Vickers verhält sich in etwa proportional zur Druckfestigkeit des Mörtels, es sind aber auch Rückschlüsse auf die Verbundfestigkeit möglich.

Die bereits vorliegenden Untersuchungen geben eindeutige Hinweise, dass der Mörtel der 2. Spritzlage an der Vorder- und auch an der Rückseite deutlich stärker ausgetrocknet ist als im Kern der Schicht. Wenn dem Mörtel das Wasser frühzeitig durch Austrocknung entzogen wird, steht für die Zementhydratation nicht mehr genügend Wasser zur Verfügung mit der Folge, dass der Zement nur mehr unvollständig hydratisieren kann. Die Härte bzw. Festigkeit des Mörtels wird dadurch beeinträchtigt.

Ein rascher Wasserverlust zur Luftseite hin ist auf eine unzureichende Nachbehandlung zurückzuführen, ein Wasserverlust zum Untergrund ist durch ka-

pillares Saugen der 1. Spritzlage zu erklären. Dies tritt vor allem dann ein, wenn die 2. Spritzmörtelschicht erst am darauffolgenden Tag appliziert wurde und die 1. Spritzmörtellage nicht ausreichend nass nachbehandelt wurde.

Auch bei der 1. Spritzmörtellage zeigen die Versuche einen Abfall der Härte bzw. Festigkeit des Mörtels in Richtung der Verbundfuge zum Altbeton. Dieser Abfall ist ebenfalls durch kapillares Wassersaugen des Altbetons aufgrund eines ungenügenden Vornässens zu erklären.

Verglichen mit dem Bestandsbeton (Altbeton) ist die Mikrohärtigkeit des Spritzmörtels insgesamt ungewöhnlich gering. Über den Querschnitt betrachtet erreicht sie nur rd. 55 % (=20/37) des Bestandsbetons. Dieser Unterschied zwischen Bestandsbeton und Spritzmörtel zeigte sich auch schon bei der Bestimmung der Druckfestigkeit an den Bohrkernen, vgl. Ziff. 7.4.

Auch der Abfall der Mikrohärtigkeit des Spritzmörtels zur Oberfläche bzw. Verbundfuge hin ist signifikant. Der Abfall beträgt rd. 40 % (=10/25), d.h. die Festigkeit und damit auch die Verbundfestigkeit des Spritzmörtels ist in diesen Bereichen deutlich reduziert.

8 Zusammenfassende Bewertung und Ursachen

An der Spritzmörtelschale auf den Wänden des Kombibeckens Ost sind kurz nach der Herstellung folgende Mängel und Mangelfolgeschäden festzustellen:

1. Hohllagen und Ablösungen der Spritzmörtelschale vom Altbeton
2. Hohllagen und Ablösungen der 2. Spritzmörtellage
3. Nicht ausreichende Haftzugfestigkeit des noch haftenden Spritzmörtels auf dem Untergrund
4. Schwindrisse in der 1. Spritzmörtellage aufgrund unzureichender Nachbehandlung (erst erkennbar nach Ablösen der 2. Spritzmörtelschicht)

Ferner lassen die außergewöhnlich niedrigen Druckfestigkeiten des Spritzmörtels sowie die ersten Ergebnisse der Untersuchungen am CBM/MPA der TU München auf Defizite bei der Verarbeitung, insbesondere der Nachbehandlung des Spritzmörtels schließen.

Die vorgenannten Schäden sind aufgrund der Ermittlungen zum Bauablauf, den Feststellungen vor Ort sowie der Untersuchungen auf folgende Ursachen zurückzuführen:

a) Unzureichende Nachbehandlung

Eine regelmäßige Nassnachbehandlung des Spritzmörtels für die Dauer von rd. 8-10 Tagen, wie sie lt. Verarbeitungsvorschrift des Herstellers /6/ gefordert ist, wurde nicht ausgeführt.

„Der frische und erhärtete Instandsetzungsmörtel ist vor dem Austrocknen zu schützen. Im frischen Zustand wird dies durch Abhängen mit Folie erreicht. Nach 24 Stunden muss der Mörtel immer wieder gewässert werden. Die Nachbehandlungsdauer beträgt mindestens 8-10 Tage.“

Auszug aus technischen Datenblatt Sika MonoTop AW

Vor dem 28.4.15 wurde der Spritzmörtel bzw. das Arbeitsgerüst mit Folien abgedeckt bzw. eingehaust, ab dem 28.4. wurde der Spritzmörtel mit einem Nachbehandlungsmittel auf Paraffinbasis besprüht und mit Folien abgedeckt. Selbst bei einem gleichmäßigen Auftrag und Einhaltung der vom Hersteller vorgegebenen Auftragsmenge (s. hierzu aber Ziff. 5 (9)) ist die Austrocknung des Spritzmörtels mit einem Nachbehandlungsmittel nicht zu 100 % verhinderbar, so dass geringe Mengen an Wasser verdunsten können.

In dünnen Schichten, wie sie hier verarbeitet wurden, kann ein Wasserverlust an der Oberfläche infolge Verdunstung nicht durch einen Nachtransport von Überschusswasser aus tieferen Schichten ausgeglichen werden. Bei dicken Betonschichten kann sich der Beton das Wasser aus den tieferliegenden Schichten holen (innere Nachbehandlung). Da bei dünnen Schichten dieser Wassernachschub fehlt, hätte die dünne Spritzmörtelschicht nass nachbehandelt werden, um Wasserverluste an der Oberfläche ausgleichen zu können.

Bei Wänden, die mit Nachbehandlungsmittel behandelt wurden, ist eine darauffolgende Nassnachbehandlung nicht mehr effektiv, da der Wachsfilm die Wasseraufnahme über die Oberfläche be- bzw. verhindert.

Die unzureichende Nachbehandlung des Spritzmörtels ist ursächlich für die Frühschwindrisse in der 1. Spritzmörtellage wodurch die Wahrscheinlichkeit von Ablösungen der 2. Spritzmörtellage vergrößert wurde. Die ungewöhnlich geringen Festigkeiten des Spritzmörtels sind nach dem derzeitigen Stand der Untersuchungen ebenfalls auf einen frühzeitigen Wasserverlust des Mörtels infolge Austrocknens zurückzuführen, s. Ziff. 7.4. Auch der zu den Verbundfugen stark abfallende Gradient der Mikrohärtigkeit (Ziff. 7.5) weist auf eine durch übermäßiges Austrocknen verursachte Festigkeitseinbuße hin.

b) Untergrundvorbereitung durch HDWS und Vornässen

Der Altbeton wurde durch Hochdruckwasserstrahlen HDWS vorbereitet, die Protokolle der Abreißfestigkeitsprüfung /8/ weisen ausreichende Festigkeiten nach. Vor dem Auftrag des Spritzmörtels hätte der Altbeton durch Vornässen konditioniert werden müssen. Das ausreichende Vornässen ist bei dünnen Schichten aus den vorgenannten Gründen besonders wichtig, damit der Altbeton dem frischen Mörtel kein Wasser entziehen kann, welches dem Mörtel dann später nicht mehr zur Hydratation zur Verfügung steht. Mit dem Vornässen muss rechtzeitig i.d.R. 24 Stunden vorher begonnen werden, zum Zeitpunkt der Applikation darf der Untergrund aber nicht nass sein, sondern nur mehr mattfeucht. Ein ungenügendes Vornässen führt dazu, dass dem Spritzmörtel in der Übergangszone das zur Hydratation benötigte Wasser entzogen und die Erhärtung des Mörtels gestört wird. Bei einem zu späten Vornässen bzw. bei Applikation des Spritzmörtels auf einen nassen Beton (Wasserfilm) wird die mechanische Verkrallung des Spritzmörtels mit dem Untergrund behindert.

Im Zusammenspiel mit einem ggf. zu frühen Auftrag bzw. Glätten der 2. Spritzmörtellage kann der Haftverbund im jungen Alter beeinträchtigt werden, so dass es zum Ablösen der Spritzmörtelschale kommen kann, ohne dass es überhaupt zur Ausbildung von Bruchflächen in der Verbundfuge kommt.

In der Verbundfuge Altbeton-Spritzmörtel sind in der Regel keine Bruchflächen entstanden, im Spritzmörtel zeichnet sich der Altbeton als Negativ-Abdruck ab, ohne so dass es zu wesentlichen Anhaftungen des Spritzmörtels auf dem Betonuntergrund kam.

c) Oberflächenbearbeitung

Die abschließende Bearbeitung der Spritzmörteloberfläche durch Glätten kann das Risiko von Gefüge- und/oder Verbundstörungen zum Untergrund fördern /L4/. Da der Produkthersteller SIKA in seinem technischen Datenblatt /6/ die Nachbearbeitung des Spritzmörtels MonoTop AW nach ausreichendem Ansteifen des Mörtels aber ausdrücklich zulässt, ist allenfalls bei einer nicht vorschriftsmäßigen Ausführung ein Schadensbeitrag an den Hohllagen des Schadensbildes 2 denkbar. In der Gesamtschau aller möglichen Schadenseinflussfaktoren ist der Oberflächenbearbeitung durch Glätten der geringste Beitrag zuzuweisen.

Abschließend wird noch zu den von BMF aufgeworfenen Schadenstheorien Stellung genommen:

- Eine rückseitige Durchfeuchtung scheidet als Ursache aus, da das Grundwasser permanent abgesenkt wird, die Verbundstörungen an der Außenwand auch oberhalb GOK sowie auch an der Innenwand beidseits auftreten. Darüber hinaus ist das Schadensbild 2 dadurch nicht erklärbar.
- Eine Verbundschädigung durch auskristallisierende Salze (Chlorid) ist aufgrund der Laborergebnisse IBQ auszuschließen.
- Ein Schädigung durch Sulfatreiben ist nicht möglich, da gerade wegen der bekannten Sulfatbelastung ein sulfatbeständiger Spritzmörtel mit C₃A-freiem Zement eingesetzt werden sollte.
- Fehlende Bewegungsfugen bzw. dadurch ausgelöste Temperaturspannungen in den Becken sind als Ursache für die Schäden völlig abwegig, die vorhandenen Schadensbilder stehen überdies damit im Widerspruch. Zum einen sind bei den Schadstellen keine Risse im Altbeton der Beckenwände vorhanden, zum anderen sind zwischen Applikation des Spritzmörtel und Schadenseintritt nur geringe Temperaturänderungen zu verzeichnen gewesen. Nicht Risse oder hohe Spannungen haben zu den Hohllagen und Ablösungen geführt, sondern ein unzureichender Verbund der Spritzmörtelschichten. Sofern BMF als Schadenstheorie auch auf hohe Bauteil- bzw. Betontemperaturen während der Verarbeitung des Spritzmörtels abstellen sollte, ist dem mit Hinweis auf Abb. 5 zu widersprechen.

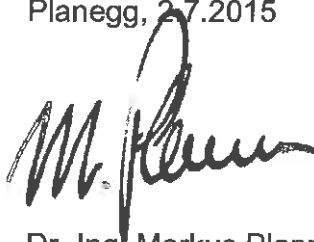
Unabhängig davon hätte es in der Verantwortung von BMF gelegen entsprechende Schutzmaßnahmen zu veranlassen.

Würde nur eine der o.g. Schadenstheorien zutreffen, müsste die gesamte bisher von BMF erbrachte Leistung, also auch die Spritzmörtelauskleidung des Beckens West, in Frage gestellt werden.

Im Resümee können aber alle von BMF vorgebrachten Schadenstheorien verworfen werden, da sie im Widerspruch mit dem vorgefundenen Schadensbild, den örtlichen Baustellenbedingungen sowie den Laborergebnissen stehen.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Planegg, 27.2015



Dr.-Ing. Markus Plannerer
ö.b.u.v. Sachverständiger





PROTOKOLL vom 22.7.2015

Projekt	Kläranlage Markt Indersdorf, Instandsetzung Kombibecken OST
Datum	22.7.15 von 6:30 Uhr bis 8:15 Uhr
Anlass	Probefläche 4 x 4 Belebungsbecken Außenwand Nordseite
Teilnehmer	Herr Böhm, Blasy Overland Herr Dr. Wiegrink, Gutachter für BMF Herr Wettengel und Herr N.N. , beide Anwendungsberater von SIKA Herr Dr. Plannerer, P+P
Verteiler	Herr Windeck, Blasy Overland Herr Weissner, Markt Indersdorf
Seite(n)	2

Nr.	
1	Auf der Probefläche 4 m x 4 m wurde die 1. Lage Spritzmörtel mit 20 mm Nenndicke aufgebracht. Der Untergrund war nach den Feststellungen Wiegrink ausreichend vorgenässt. Der Altbeton wurde in der linken Hälfte der Probefläche um zusätzlich rd. 5 mm tief abgetragen. Es wurden dabei keine signifikante Unterschiede der Abreißfestigkeit des Altbetons festgestellt.
2	Der Spritzmörtel wurde in Abstimmung mit Sika mit einem 10 % höheren Wassergehalt angemischt. Der höhere Wasserbedarf sei nach Angabe Sika bei der Verarbeitung als Spritzmörtel im Nassspritzverfahren erforderlich. Negative Auswirkungen auf die Festmörteleigenschaften insbesondere die Dauerhaftigkeit bestünden nach Angabe Sika nicht. Ich habe Herrn Wiegrink empfohlen dies durch Prüfungen an Probewürfeln, Prismen nachzuweisen.
3	Trotz erhöhtem Wassergehalt ist es wieder zu einem Verstopfer in der Spritzanlage gekommen. Eine Förderschnecke musste ausgebaut und ausgetauscht werden. Auf der defekten, ausgebauten Förderschnecke ist ein Aufkleber angebracht, dass diese einen 30 % erhöhten Wasserbedarf erfordert.
4	Die 1. Spritzmörtellage wurde von dem selben Düsenführer appliziert, der auch schon an der Ersterstellung der Spritzmörtelschale beteiligt war. Der Spritzmörtelauftrag erfolgte im meinem Beisein weitestgehend fachgerecht, d.h. 90 Grad Spritzwinkel und 50 cm Abstand der Spritzdüse wurden weitestgehend eingehalten.
5	Die 2. Spritzmörtellage mit 15 mm Nenndicke soll erst am nächsten Tag aufgebracht werden. Nach Auskunft der Anwendungsberater von Sika wird diese Art der Ausführung als Regelausführung empfohlen.
6	Die Nachbehandlung ist folgendermaßen vorgesehen: 1. Spritzlage - Nach Fertigstellung der Spritzmörtelapplikation wird das Gerüst komplett mit blickdichter (Verschattung) Kunststoffolie eingehaust, so dass ein geschlossener Luftraum entsteht.

Protokoll vom 22.7.2015 - Instandsetzung KA Markt Indersdorf Becken Ost

	<ul style="list-style-type: none"> - Vernebeln des Luftraumes, so dass rel. Luftfeuchte nahe 100 %. - Nach Erstarren des Mörtels werden die Flächen mit einem feuchtigkeitshaltendem Vlies (Jute, Malervlies o.ä.) abgehängt und zusätzlich mit Kunststoffolie abgedeckt. Das Vlies wird regelmäßig gewässert. <p>Hinweis: Das feuchtigkeitshaltende Vlies muss auf dem Spritzmörtel aufliegen (kein Luftspalt).</p> <p>2. Spritzlage</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zusätzlich zur Nassnachbehandlung analog der 1. Spritzlage will BMF in der oberen Hälfte der Probefläche auch mit Nachbehandlungsmittel NB100 nachbehandeln. <p>Dies geschieht nur, um im Falle eines erneut eintretenden Schadens, den Produktlieferanten in Regress nehmen zu können.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bei der Neuerstellung wird auf jeden Fall eine Nassnachbehandlung der 1. und 2. Spritzmörtelschicht durchgeführt.
7	<p>Noch in dieser Woche will BMF bereits Haftzugprüfungen durchführen. Wegen der hohen Temperaturen wird der Spritzmörtel möglicherweise schon nach 4 Tagen so weit erhärtet sein, dass Haftzugprüfungen möglich sind, d.h. der Spritzmörtel sollte mindestens eine Druckfestigkeit von 30 N/mm² aufweisen. Die für die Haftzugprüfung erforderliche Mindestfestigkeit ist durch Erhärtungsprüfung an Würfeln/Prismen oder Bauteilprüfung (Rückprallhammer) nachzuweisen.</p> <p>Die Durchführung von Haftzugprüfung erfordert prüftechnisches Know-how, welches i.d.R. die Einschaltung eines akkreditierten Prüflabors erfordert. Gegen die Durchführung der Haftzugprüfungen durch BMF im Beisein von Herrn Wiegrink bestehen keine Einwände, allerdings wird vorbehalten ein externes Prüflabor (z.B. IBQ) mit der Prüfung zu beauftragen.</p> <p>Hinweis: Die von BMF/Herrn Wiegrink vermutete Verbundschädigung durch Ettringitbildung (Sulfattreiben) kann mit einer Haftzugprüfung bereits nach 4 Tagen noch nicht ausgeschlossen werden. D.h. nach 4 Tagen ausreichende Haftzugfestigkeiten wären noch kein Freigabekriterium für die Probefläche. Um die von BMF vertretende Schadenstheorie eines Sulfatreibens auszuschließen, müsste die Prüfung an der Probefläche zu einem späteren Zeitpunkt (ca. 2 Wochen) wiederholt werden.</p>

gez. Dr. Plannerer

PLANNERER + PARTNER • Gumstraße 8B • 82152 Planegg

Gemeinde Markt Indersdorf
z. Hd. Herrn Weisser
Marktplatz 1

D-85229 Markt Indersdorf

Dr.-Ing. Markus Plannerer
Beratender Ingenieur BAYIK

Von der Industrie- und Handelskammer
für München und Oberbayern öffentlich
bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Betonschäden, Betoninstandsetzung,
Betontechnologie, mineralische Baustoffe

Dr.-Ing. Karl Schmidt

Von der Industrie- und Handelskammer
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Betontechnologie,
Betonschäden und Betoninstandsetzung

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht

Unser Zeichen, unsere Nachricht

Datum
27.7.2015

Objekt: Kläranlage Markt Indersdorf
Bedenkenanmeldung Fa. Wöhl vom 22.7.2015

Sehr geehrter Herr Weisser,

die Bedenkenanmeldung der Fa. Wöhl basiert auf Ergebnissen der
KIWA Baustest GmbH an 2 Bohrkernen, wobei bei einem Bohrkern
hohe Anteile an Ettringit, Gips und Anhydrit nachgewiesen wurden.
Daraus leitet die Fa. Wöhl ab, dass die Hohllagen der
Spritzmörtelschale durch Ettringitbildung entstanden seien.

Dieser Schlussfolgerung, der Schaden wäre durch Ettringitbildung
verursacht, stehen folgende Fakten entgegen:

1. Der mangelhafte Verbund ist gleichermaßen auch an Stellen
vorhanden, wo der Spritzmörtel keinen Kontakt zum
sulfathaltigen Altbeton hatte. Beispiele hierfür:
 - Vorab mit Mörtel reprofilierte Ausbesserungsstellen
 - Verbundversagen 2. zu 1. Spritzmörtelschicht
 - Bereich über dem Klärwasserspiegel (luftberührter Bereich)



Anschrift:
Gumstraße 8b
D-82152 Planegg

Fon 089 / 8 11 21 80
Fax 089 / 8 11 23 34
post@ib-plannerer.de
www.ib-plannerer.de

Partner:
Dr. Markus Plannerer
Dr. Karl Schmidt
Partnerschaftsregister:
PR 1223

Steuer-Nr.
146/234/90719

Bankverbindung
Kreissparkasse M-S-E
BLZ 702 501 50
Kto 273 704 44
IBAN DE43 7025 0150 0027 3704 44
BIC BYLADEM1KMS

Stellungnahme zur Bedenkenanmeldung Fa. Wöhrl

Bei o.g. Bereichen hat sich kein ausreichender Verbund eingestellt, obwohl hier in der Verbundfuge kein Sulfat vorhanden sein kann. Ein Transport des im Altbeton vorhandenen Sulfats durch den Reparaturmörtel bzw. die 1. Spritzmörtellage bis zur versagenden Verbundfuge kann im Übrigen sicher ausgeschlossen werden.

Wenn also die Ettringitbildung Schadensursache wäre, hätten dann zumindest in den vorgenannten Flächen keine Schäden auftreten dürfen. Dies ist aber unstrittig nicht der Fall. Insofern kann eine Ettringitbildung, sofern sie überhaupt stattgefunden hat und schadensverursachend war, nur einen Teilbeitrag zum Schaden geleistet haben.

2. Im laufenden Kläranlagenbetrieb erfolgt der chemische Angriff nicht nur an der abwasserseitigen Mörtelfläche, sondern auch an der mit dem Bestandsbeton verbundenen Spritzmörtelfläche (Rückseite). Denn auch wenn geschädigter Beton im Rahmen der Untergrundvorbereitung abgetragen wird, kann der Verbleib von restlichen chemischen Substanzen im Betonuntergrund nicht vollständig ausgeschlossen werden. Deshalb muss für die Reprofilierung ein Mörtel mit einer hohen Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischen Angriff, hier speziell gegenüber Sulfatreiben verwendet werden.

Der ausgeschriebene Spritzmörtel Sika MonoTop AW ist aufgrund seiner speziellen Zusammensetzung (C_3A -freier Zement) beständig gegenüber Sulfat angriff. Ettringit kann nur in Anwesenheit von Sulfat und dem C_3A des Zements bzw. dem darin gebundenen Aluminium entstehen. Bei Verwendung eines C_3A -freien Zementes ist deshalb trotz Anwesenheit von Sulfat eine Ettringitbildung nicht möglich. Wenn es dennoch zu einer Ettringitbildung gekommen sein sollte, müsste ein Spritzmörtel mit C_3A -haltigem Zement verwendet worden sein. In diesem Fall läge dann ein wesentlicher Produktmangel vor.

3. Ettringit ist ein Reaktionsprodukt der Zementhydratation, welches auch ohne äußere Sulfatquelle entsteht. Insofern ist der Nachweis von Ettringit mit halbquantitativen Verfahren allein noch nicht aussagekräftig.

Ettringit lagert die 32-fache Menge Wasser ein, was zu einer 8-fachen Volumenzunahme führt. Nur wenn kein ausreichender Porenraum im Betongefüge für das Wachstum der Ettringitkristalle zur Verfügung steht, kommt es zu einer Betonschädigung durch Treibwirkung.

Stellungnahme zur Bedenkenanmeldung Fa. Wöhrl

Wenn also Ettringit nachgewiesen wird, heißt das noch nicht zwangsläufig, dass eine Schädigung durch Ettringitbildung stattgefunden hat. So kommt es vor, dass eine Ettringitbildung erst nach einer Rissbildung bzw. Schädigung eintritt, weil sulfathaltiges Wasser in die Risse eindringt und sich im Riss Ettringitkristalle ausbilden können.

Analog könnte dies auch bei den Hohllagen der Fall sein, d.h. die Ettringitkristalle sind in bereits bestehende Hohlräume gewachsen, ohne dass es dadurch zu einer zusätzlichen Schädigung gekommen ist.

Folglich lässt der Nachweis von Ettringit mittels Röntgenbeugung allein noch keine Schlussfolgerungen auf eine schädigende Wirkung zu.

Ob und inwieweit eine Ettringitbildung zu einer Schädigung des Gefüges geführt hat, lässt sich nur durch Untersuchungen an Dünnschliffen belastbar nachweisen. Solche Untersuchungen liegen bislang nicht vor.

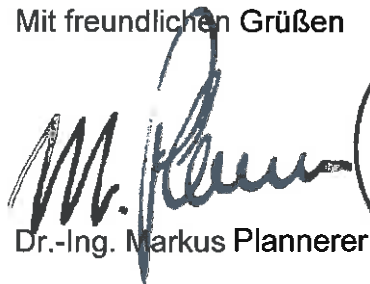
4. Die Ergebnisse der Röntgenbeugung, durchgeführt von der KIWA GmbH (MPA Berlin), sind nicht schlüssig, da neben Ettringit auch Gips und Anhydrit – das sind alles sulfathaltige Verbindungen - nachgewiesen werden. Anhydrit ist dabei eine wasserarme Verbindung, die nicht bei der Zementhydratation entstehen kann. Zementchemisch ist das Vorhandensein von Anhydrit im System nicht erklärbar. Im Grunde kann die Anwesenheit von Anhydrit nur durch eine fehlerhafte Analytik oder eine Kontamination der Probe erklärt werden.
5. Die Ergebnisse der KIWA GmbH stehen im Widerspruch zu denen am MPA der TU München an Bohrkernen durchgeführten Röntgenbeugungsanalysen. In der Verbundfläche Spritzmörtel-Beton waren hier keine Ettringit, Gips oder sogar Anhydritphasen nachweisbar.

Im Resümee sind die jetzt vorgebrachten Bedenken gegen die Art der Ausführung wegen einer möglichen Ettringitbildung nicht nachvollziehbar. Würde man diesen Bedenken folgen, wäre eine Betoninstandsetzung abwasserberührter Betonbauteile nicht mehr möglich. Alle bereits instand gesetzten Abwasserbecken wären dann zwangsläufig schadensbehaftet, die Realität sieht jedoch anders aus. Es gibt keinen technischen Anlass von der ursprünglich geplanten Betoninstandsetzung abzuweichen, da bei Verwendung des ausgeschriebenen, sulfatbeständigen Spritzmörtels eine Ettringitbildung nicht möglich ist.

Stellungnahme zur Bedenkenanmeldung Fa. Wöhrl

Sollte sich wider Erwarten bestätigen, dass eine Ettringitbildung mitursächlich für die Schäden ist, müssen die Gründe hierfür durch den AN geklärt werden. Anlass für eine Bedenkenanmeldung gegen die geplante Ausführung besteht aus technischer Sicht nicht.

Mit freundlichen Grüßen


Dr.-Ing. Markus Plannerer



PLANNERER + PARTNER • Gumstraße 8B • 82152 Planegg

Markt Markt Indersdorf
Herrn Weisser

Dr. Blasy - Dr. Øverland
Herrn Horst Windeck

Dr.-Ing. Markus Plannerer
Beratender Ingenieur BAYIK

Von der Industrie- und Handelskammer
für München und Oberbayern öffentlich
bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Betonschäden, Betoninstandsetzung,
Betontechnologie, mineralische Baustoffe

Dr.-Ing. Karl Schmidt

Von der Industrie- und Handelskammer
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Betontechnologie,
Betonschäden und Betoninstandsetzung

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht

Unser Zeichen, unsere Nachricht

Datum
4.9.2015

Objekt: Kläranlage Markt Indersdorf
Derzeitiger Sachstand zur Schadensursache

Sehr geehrter Weisser, sehr geehrter Herr Windeck,

die Schlussfolgerungen, die ich am 30.8.15 aus den Erfahrungen bei
der Probefläche gezogen haben, wurden nun in der Baubesprechung
vom 1.9.15 von der ausführenden Firma bestätigt:

Der Spritzmörtel war trotz der von Sika im Herbst 2014
freigegebenen 10 % erhöhten Wasserzugabe bei den sommerlichen
Verhältnissen nicht mehr ordnungsgemäß verarbeitbar (Verstopfer,
Mischschneckendefekt). Der Wassergehalt musste deshalb
nochmals erhöht werden, um das Material spritzen zu können.

Welche betontechnologischen Konsequenzen folgen daraus?

Der Wassergehalt respektive das Verhältnis Wasser-/Zementgehalt
(w/z-Wert) ist die zentrale Kenngröße in der Betontechnologie von
der nahezu alle Eigenschaften des Betons/Mörtels abhängen.

Grundsätzlich gilt, dass ein höherer Wassergehalt bzw. w/z-Wert die
Eigenschaften negativ beeinflusst. Für die Druckfestigkeit ist dieser
Zusammenhang in dem sog. Walz-Diagramm dargestellt, s. Abb.

Ein erhöhter Wassergehalt bzw. w/z-Wert führt insbesondere bei
höherfesten Betonen/Mörteln zu einem signifikanten
Festigkeitsverlust.



Anschrift:
Gumstraße 8b
D-82152 Planegg

Fon 089 / 8 11 21 80
Fax 089 / 8 11 23 34
post@ib-plannerer.de
www.ib-plannerer.de

Partner:
Dr. Markus Plannerer
Dr. Karl Schmidt
Partnerschaftsregister:
PR 1223

Steuer-Nr.:
146/234/90719

Bankverbindung:
Kreissparkasse M-S E
BLZ 702 501 50
Kto 273 704 44
IBAN DE43 7025 0150 0027 3704 44
BIC BYLADEM1KMS

Kläranlage Markt Indersdorf – Wassergehalt des Spritzmörtels

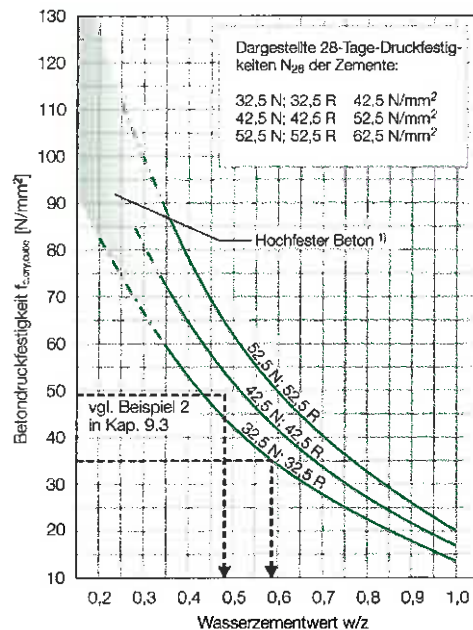


Abb.: Abhängigkeit Druckfestigkeit vom Wasser-/Zementgehalt

Die unerwartet geringen Druckfestigkeiten der entnommenen Spritzmörtelproben (s. Untersuchungsbericht IBQ) sind durch die erhöhte Wasserzugabe zu erklären.

Aber nicht nur die Druckfestigkeit des Mörtels wurde durch die erhöhte Wasserzugabe verschlechtert, sondern auch andere Eigenschaften, insbesondere:

- Zugfestigkeit, die Auswirkungen sind hier analog zur Druckfestigkeit
- Haftverbund, ein zu nass gespritzter Mörtel haftet nicht/schlecht auf dem Untergrund
- Trocknungsschwinden, das Endschwindmaß nimmt proportional mit dem Wassergehalt zu, das Risiko von Schwindrissen nimmt zu
- Frost-/Tausalz widerstand wird verschlechtert
- Carbonatisierungswiderstand und Widerstand gegenüber chemischen Angriff nehmen wegen erhöhter Porosität des Mörtels ab

Da der von Sika vorgegebene Wassergehalt aus Verarbeitungsgründen nicht eingehalten werden konnte und mehr Wasser zugegeben wurde, kann der Spritzmörtel nicht die zugesicherten Eigenschaften erreichen. D.h., der Mörtel ist allein wegen der Überdosierung des Wassers, unabhängig von allen anderen diskutierten Mängeln, als mangelhaft einzustufen.

Mit freundlichen Grüßen

Dr.-Ing. Markus Plannerer



A Voraussetzungen für die Bildung von Ettringit

- 1 Es muss eine Sulfatquelle vorhanden sein: Das in den Bestandsbeton eingedrungene Sulfat muss reaktivierbar und für eine chemische Reaktion verfügbar sein.
- 2 Feuchtigkeit, damit das Sulfat im Altbeton mobilisiert und transportiert wird
- 3 Feuchtigkeit für die Einlagerung von Wasser in das Ettringit
- 4 reaktionsfähiges Aluminat aus der Klinkerphase C_3A des Zementes
- 5 Ettringit kann sich nur in der Verbundfuge Spritzmörtel zum sulfathaltigem Altbeton bilden, nicht aber innerhalb des Spritzmörtels

B Was spricht für eine mögliche Ettringitbildung?

- 1 Untersuchungen Bericht KIWA Berlin (-> konnte immer noch nicht verifiziert werden)
- 2 nach den Untersuchungen des MPA TUM kein C_3A -freier Zement, wahrscheinlich ist er aber als SR3-Zement einzustufen, der auch sulfatbeständig wäre
- 3 (gelbliche Verfärbungen im Altbeton)

C Was spricht gegen die Ettringitbildung als Schadensursache ?

- 1 Verfärbungen des Altbetons sind nicht verbundstörend, das zeigen die Haftzugprüfungen an der Probestfläche
- 2 Ablösungen 2. von 1. Spritzlage ohne Ausbildung von Bruchflächen, obwohl kein Sulfat vorhanden
- 3 Ablösungen von Reprofilierflecken ohne Ausbildung von Bruchflächen, obwohl kein Sulfat vorhanden
- 4 Nach Abtrag haftet großteils noch Spritzmörtel auf dem Altbeton, d.h. der Verbund zum Altbeton ist größer als die Festigkeit des Spritzmörtels selbst. Der Spritzmörtel weist insgesamt eine unerwartet geringe Festigkeit auf s. D8
- 5 Die Untersuchungen der MPA TUM haben kein Ettringit auf der Spritzmörtelverbundfuge nachgewiesen
- 6 Nach den Untersuchungen des MPA Leipzig ist der Zement C_3A -frei, sulfatbeständiger Zement SR 0
- 7 geradlinige (senkrecht und horizontal) Übergänge zw. Bruchbildern haben ausführungsbedingte Ursachen und sind nicht durch Sulfateinwirkung erklärbar

D Schlussfolgerungen

- 1 Wenn sich Ettringit tatsächlich gebildet hätte, setzt dies ein mangelhaftes Produkt voraus, da der ausgeschriebene C_3A -freie Spritzmörtel KEIN Potential für Ettringitbildung bietet.
- 2 Das Schadensbild kann durch Ettringitbildung allein nicht verursacht sein (C_2, C_3, C_4, C_7), es sind auf jeden Fall andere Schadensursachen maßgebend.
- 3 Die Ettringit-Schadenstheorie wird durch die Probestfläche widerlegt, es lässt sich ein einwandfreier Verbund zum Altbeton herstellen C1
- 4 Die Ettringit-Schadenstheorie wird durch das Becken West widerlegt.
- 5 Schon beim Westbecken hat sich gezeigt, dass für eine ordnungsgemäße Verarbeitung des Spritzmörtels mit der Spritzmaschine trotz günstiger Witterungsbedingungen (Herbst) eine um 10 % höhere Wasserzugabe notwendig war, als von Sika in der Verarbeitungsrichtlinien vorgeschrieben. Nur mit einem erhöhten Wassergehalt, war der Spritzmörtel ordnungsgemäß verarbeitbar.
- 6 Bei "sommerlichen" Temperaturen lässt sich der Spritzmörtel trotz des 10 % erhöhten Wassergehaltes offensichtlich nicht mehr ohne Probleme verarbeiten: Bei der Probestfläche musste die Applikation des Spritzmörtels abgebrochen werden, weil es immer wieder zu Verstopfen und zum Festbrennen einer Mischschnecke kam. Der Spritzmörtelauftrag der Probestfläche musste in die kühlen Morgenstunden verlegt werden, der Spritzmörtel wies dann zwar immer noch eine sehr steife Konsistenz auf, ließ sich aber noch ohne größere Schwierigkeiten verarbeiten.
- 7 Um den Mörtel auch tagsüber bei hohen Temperaturen und Sonneneinstrahlung ordnungsgemäß (d.h. ohne ständige Verstopfer oder Mischschneckenausfall) verarbeiten zu können, hätte man zum Ausgleich des temperaturbedingten Konsistenzverlustes im Grunde die Wasserzugabe nochmals erhöhen müssen. Ein erhöhter Wassergehalt wirkt sich wegen des analog erhöhten w/z-Wertes aber negativ auf die Festigkeit (s. IBQ-Bericht), das Trocknungsschwinden und die Dauerhaftigkeit des ausgehärteten Mörtels aus. Auch die Haftung des Frischmörtels kann sich dadurch verschlechtern haben. Ich halte es für nicht ausschließbar, dass zur Verringerung der offensichtlichen Verarbeitungsprobleme der Spritzmörtel mit einem erhöhten Wassergehalt hergestellt wurde.
- 8 Auf die erheblichen Verarbeitungsprobleme mit dem Spritzmörtel Sika Mono Top AW bei erhöhten Temperaturen muss der AN reagieren und den Produkthersteller Sika mit einbinden. Nur wenn die Probleme auch mit einer anderen Spritzmaschinentechnologie (Spritzmaschine, Trockenspritzverfahren) nicht beseitigt werden können, sollte aus Gründen der Verarbeitbarkeit auf ein anderes Produkt umgeschwenkt werden.

30.08.15

gez. Dr. Plannerer